Environnement Canada
Service de la protection de l'environnement

Environment Canada
Environmental Protection Service

collection
ENVIROGUIDE

LE CHLORURE DE SODIUM

Canada

octobre 1985

86-03117/

COLLECTION «ENVIROGUIDE»

La collection «Enviroguide» est constituée de guides d'information technique à utiliser en cas de déversements de matières dangereuses. Chaque guide fournit une masse considérable d'information relative au produit chimique dont il traite. L'information ainsi présentée a pour but d'aider l'utilisateur à mettre sur pied un plan d'intervention en cas d'accident et à évaluer les incidences sur l'environnement que peut avoir tel ou tel polluant. Le contenu de chacun des guides a été vérifié par la Direction des services techniques du Service de la protection de l'environnement avant que ne soit autorisée sa publication. Il est à noter qu'une telle autorisation n'implique pas que le contenu des guides reflète les points de vue ou la politique du Service de la protection de l'environnement. De même, le fait de mentionner des marques déposées ou des noms de produits commerciaux ne doit pas être interprété comme une forme de recommandation.

collection
ENVIROGUIDE

LE CHLORURE DE SODIUM

SERVICE DE LA PROTECTION
DE L'ENVIRONNEMENT

DIRECTION GÉNÉRALE DES PROGRAMMES
DE PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT

DIRECTION DES SERVICES TECHNIQUES

OTTAWA
OCTOBRE 1985
ENVIRONNEMENT CANADA

Publication
distribuée par le Service des publications
Service de la protection de l'environnement
Environnement Canada
Ottawa (Ontario)
K1A 1C8

Édition française de
Sodium chloride
préparée par le Module d'édition française

English copy available at the above mentioned address

© Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1985
N° de cat. En 48-10/4-1985F
ISBN 0-662-92600-5
IMPRIMERIE BEAUREGARD LIMITÉE

AVANT-PROPOS

La collection «Enviroguide» a été lancée officiellement en 1983. Elle est constituée de guides d'information technique sur les produits chimiques qui sont les plus souvent en cause dans les cas de déversements accidentels. Les guides, qui s'adressent à des spécialistes dans le domaine des déversements, sont conçus pour aider à planifier les interventions d'urgence et évaluer les incidences sur l'environnement.

Vu la grande quantité d'information présentée et le caractère très technique des guides, ces derniers ne s'adressent pas au personnel de première intervention, pour qui existent déjà des manuels plus appropriés.

L'information offerte a été glanée en majeure partie dans des publications déjà existantes. Les auteurs ont pris grand soin, aussi bien au stade de la compilation qu'à celui de la révision, de vérifier la justesse des éléments retenus. Néanmoins, il ne faut pas voir dans la publication de ces éléments d'information une forme de recommandation de la part du gouvernement du Canada ni de quelque autre groupe.

REMERCIEMENTS

La version définitive du présent guide est l'oeuvre du personnel du Service de la protection de l'environnement, qui a procédé à la refonte de nombreux passages du texte initial, ajouté maints renseignements et commentaires et préparé les schémas et les figures.

Le travail préliminaire avait été donné à contrat par Environnement Canada aux firmes M.M. Dillon Consulting Engineers and Planners, Concord Scientific Corporation et Waterloo Engineering Limited.

L'abondance de détails qu'on trouve dans le guide est le fruit de la collaboration de plusieurs personnes, organismes et institutions qui ont fourni des données et des conseils précieux, au stade de la compilation comme au stade de la rédaction. Sous ce rapport, l'Association canadienne des fabricants de produits chimiques mérite des remerciements particuliers.

TABLE DES MATIÈRES

	Avant-propos	III
	Remerciements	III
	Liste des figures	VII
	Liste des tableaux	VII
	Abréviations et symboles	VIII
	Définitions	X
	Sigles	XII
1	**Résumé**	1
2	**Propriétés physiques et chimiques**	2
3	**Production, transport et commerce**	6
3.1	Qualités et teneurs	6
3.2	Fabricants situés au Canada	6
3.3	Autres fournisseurs	6
3.4	Centres de production et transport	6
3.5	Volume de production	6
3.6	Développement de l'industrie	7
3.7	Extraction du chlorure de sodium	7
3.7.1	Information générale	7
3.7.2	Procédés d'extraction	7
3.8	Principales utilisations au Canada	8
3.9	Principaux acheteurs au Canada	8
4	**Manutention du produit et compatibilité avec certains matériaux**	9
4.1	Wagons et autres récipients d'expédition	9
4.1.1	Transport en vrac	9
4.1.1.1	Wagons-trémies	9
4.1.2	Emballages	11
4.2	Compatibilité entre le produit et certains matériaux de fabrication	13
5	**Fuite et migration du produit**	16
5.1	Aperçu général	16
5.2	Diffusion dans l'atmosphère	16
5.3	Comportement dans l'eau	16
5.3.1	Introduction	16
5.3.2	Nomogrammes de diffusion du polluant dans l'eau	17
5.3.2.1	Diffusion dans les cours d'eau non soumis aux marées	17
5.3.2.2	Diffusion dans les plans d'eau ou lacs au repos	20
5.3.3	Exemples de calcul	20
5.3.3.1	Teneur en polluant dans un cours d'eau non soumis aux marées	20
5.3.3.2	Teneur en polluant dans les lacs au repos et autres plans d'eau	21
5.4	Comportement dans le sol de surface et dans le sous-sol	21
5.4.1	Mécanismes	21
5.4.2	Migration du polluant dans un sol à capacité au champ	29
5.4.3	Coefficient de perméabilité d'un sol saturé vis-à-vis du polluant	29
5.4.4	Types de sol	29
5.4.5	Nomogrammes de la migration	31
5.4.6	Exemple de calcul	31
6	**Protection de l'environnement**	36
6.1	Limites maximales admissibles	36
6.1.1	Eau	36
6.1.1.1	Situation au Canada	36

6.1.1.2 Situation au Canada 36
6.1.2 Air 36
6.2 Toxicité pour les espèces aquatiques 36
6.2.1 Évaluation de la toxicité au Canada 36
6.2.2 Évaluation de la toxicité aux États-Unis 36
6.2.3 Toxicité en eau douce 36
6.3 Toxicité pour d'autres espèces 38
6.3.1 Toxicité pour le bétail et la volaille 38
6.3.2 Toxicité pour l'avifaune 39
6.3.3 Toxicité pour les végétaux 39
6.4 Études sur les effets toxiques 39
6.4.1 Bétail 39
6.4.2 Végétaux 40
6.5 Effets sur le sol 40
6.6 Autres effets 40

7 Protection de la santé 41
7.1 Normes d'exposition 41
7.2 Données sur les propriétés irritantes 41
7.2.1 Contact avec la peau 41
7.2.2 Contact avec les yeux 41
7.3 Données sur les propriétés organoleptiques 41
7.3.1 Odeur 41
7.3.2 Saveur 42
7.4 Études sur les effets toxiques 42
7.4.1 Inhalation 42
7.4.2 Ingestion 42
7.4.3 Administration par voie sous-cutanée 42
7.4.4 Administration par voie intraveineuse 43
7.4.5 Administration par voie intrapéritonéale 43
7.4.6 Cancérogénicité, mutagénicité 43
7.5 Symptômes et conséquences de l'intoxication 43
7.5.1 Inhalation 43
7.5.2 Ingestion 43
7.5.3 Contact avec la peau 44
7.5.4 Contact avec les yeux (symptômes) 44

8 Compatibilité chimique 45
8.1 Compatibilité entre le chlorure de sodium et divers agents 45

9 Mesures d'intervention et de sécurité 46
9.1 Mesures recommandées 46
9.1.1 Danger d'incendie 46
9.1.2 Mesures d'intervention en cas de déversement 46
9.1.2.1 Information générale 46
9.1.2.2 Déversement sur le sol 46
9.1.2.3 Déversement dans l'eau 46

10 Cas de déversement accidentel 47
10.1 Information générale 47

11 Identification et dosage du polluant 48
11.1 Dosage du chlorure de sodium présent dans l'air 48
11.1.1 Électrode ionique spécifique 48
11.1.2 Titrage 48
11.2 Identification du chlorure de sodium présent dans l'air 48
11.3 Dosage du chlorure de sodium présent dans l'eau 49
11.3.1 Colorimétrie 49
11.3.2 Titrage au nitrate mercurique 49

11.3.3	Titrage potentiométrique	49
11.4	Identification du chlorure de sodium présent dans l'eau	50
11.5	Dosage du chlorure de sodium présent dans le sol	50
11.5.1	Titrage au nitrate d'argent	50
11.5.2	Titrage potentiométrique	50
11.6	Identification du chlorure de sodium présent dans le sol	51
12	**Références et bibliographie**	53
12.1	Références	53
12.2	Bibliographie	57

LISTE DES FIGURES

1 Miscibilité à l'eau en fonction de la température 5
2 Diagramme de phases 5
3 Wagons-trémies couverts-AAR classe LO 10
4 Fûts types 15
5 Étapes à suivre pour calculer la teneur en polluant dans un cours d'eau non soumis aux marées 18
6 Distance en fonction du temps 19
7 Rayon hydraulique en fonction de la largeur du canal 22
8 Coefficient de diffusion turbulente en fonction du rayon hydraulique 23
9 Alpha en fonction du coefficient de distribution turbulente 24
10 Delta en fonction de alpha 25
11 Teneur maximale en fonction de delta 26
12 Volume d'eau en fonction du rayon hydraulique de la zone dangereuse 27
13 Teneur moyenne en fonction du volume d'eau de la zone dangereuse 28
14 Migration dans le sous-sol 30
15 Plan d'utilisation des nomogrammes 32
16 Migration dans du sable grossier 33
17 Migration dans du sable limoneux 34
18 Migration dans un till argileux 35

LISTE DES TABLEAUX

1 Nomogrammes de conversion 4
2 Spécifications relatives au wagon-trémie AAR-classe LO utilisés pour le transport du chlorure de sodium 9
3 Caractéristiques des fûts utilisés pour le transport du chlorure de sodium 11
4 Compatibilité entre le produit et certains matériaux de fabrication 14
5 Catégories météorologiques (de stabilité) 25
6 Demi-largeur maximale du panache dangereux de vapeurs du chlorure de sodium (à 20 °C) 30

ABRÉVIATIONS ET SYMBOLES

adf	Antidéflagrant
atm	Atmosphère
B	Périmètre mouillé
c.f.	Coupelle fermée
c.o.	Coupelle ouverte
CPG	Chromatographie en phase gazeuse
d	Densité
d vap	Densité de vapeur
d.-v.	Demi-vie
D ext.	Diamètre extérieur
D int.	Diamètre intérieur
DAMM	Diamètre aérodynamique moyen en masse
DBO	Demande biochimique en oxygène
DCO	Demande chimique en oxygène
D_e	Diamètre d'entrée
DIF	Détecteur d'ionisation à flamme
DMM	Diamètre moyen en masse
DMN	Diamètre moyen en nombre
DMV	Diamètre moyen en volume
DPI	Détecteur à photo-ionisation
D_s	Diamètre de sortie
DL min.*	Dose létale minimale
DL 50*	Dose létale moyenne
et coll.	et collaborateurs
eV	Électronvolt
f.n.éq.	Fumée normalisée équivalente
gal imp.	Gallon impérial
h	Hauteur
IDLH*	*Immediately Dangerous to Life or Health*
IR	Infrarouge
j	Jour
J	Joule
K	Coefficient de perméabilité
K_0	Coefficient de perméabilité d'un sol saturé
k	Coefficient de perméabilité intrinsèque
l	Litre
L.I.E.	Limite inférieure d'explosibilité
L.I.I.	Limite inférieure d'inflammabilité
L.S.E.	Limite supérieure d'explosibilité
L.S.I.	Limite supérieure d'inflammabilité
m	Masse
M	Molaire
MAK*	Teneur maximale admissible
MAK-D*	Teneur maximale admissible courte durée
MAK-K*	Teneur maximale admissible
max.	Maximum
mé/l	Milliéquivalent par litre
MIK*	Teneur maximale d'immission
min.	Minimum
mn	Minute
M mol.	Masse moléculaire
M vol.	Masse volumique
mol	Mole
MPT	Moyenne pondérée en fonction du temps
N	Newton
N	Normal
Pa . s	Pascal seconde
pds éq.	Poids équivalent
ppb	Parties par milliard (10^{-9})
ppm	Parties par million (10^{-6})
ppt	Parties par mille (10^{-3})
psi	*Pounds per square inch*
P	Pression
P_c	Pression critique
PEL*	*Permissible Exposure Limit*
Po	Poise
Pt cong.	Point de congélation
Pt déf.	Point de déflagration
Pt dét.	Point de détonation
Pt ébul.	Point d'ébullition
Pt écl.	Point d'éclair
Pt écoul.	Point d'écoulement
Pt fus.	Point de fusion
Pt liq.	Point de liquéfaction
PVC	Chlorure de polyvinyle
q	Débit
q_e	Débit d'entrée
q_f	Débit de fuite
q_m	Débit-masse
q_s	Débit de sortie
q_v	Débit-volume
std	Standard
SM	Spectroscopie de masse
St	Stokes
STEL*	*Short Term Exposure Limit*
t	Tonne
t	Temps
temp.	Température
$temp._a$	Température ambiante
$temp._c$	Température critique
TE 50*	Teneur efficace moyenne
tf	Tonne forte
TI 50*	Teneur inhibitrice moyenne
TLm*	Tolérance moyenne
TL min.*	Teneur létale minimale
TL 50*	Teneur létale moyenne

TLV®*	*Threshold Limit Value*
TLV® - C*	*Threshold Limit Value-Ceiling*
TPN	Température et pression normales
TT min.*	Teneur toxique minimale
u	Vitesse du vent
μ	Viscosité
vap	Vapeur
V	Vitesse d'écoulement
V biod.	Vitesse de biodégradation
V évap.	Vitesse d'évaporation
vol.	Volume
^{o}Bé	Degré Baumé
^{o}C	Degré Celsius
ϕ	Diamètre
x	Distance sous le vent
~~W~~	Ne pas utiliser d'eau comme moyen d'extinction

* Les abréviations suivies d'un astérique sont expliquées dans la section Définitions.

DÉFINITIONS

Les définitions figurant ci-dessous valent pour la collection «Enviroguide». Le lecteur notera qu'elles n'ont pas toujours une portée générale. Pour plus de détails, ou pour d'autres définitions, se reporter au manuel d'introduction de la collection.

Bio-accumulation. – Rétention sans cesse croissante d'une substance dans les tissus d'un organisme tout au long de son existence (le facteur de bio-concentration augmentant sans cesse).

Bio-amplification. – Rétention d'une substance dans les tissus à des teneurs de plus en plus élevées au fur et à mesure que l'on s'élève dans la hiérarchie des organismes de la chaîne alimentaire.

Bioconcentration. – Rétention d'une substance dans les tissus d'un organisme au point que la teneur des tissus en cette substance surpasse la teneur du milieu ambiant en cette substance, à un moment donné de la vie de cet organisme.

Concentration. – Comme ce mot a des sens multiples et parfois mal définis selon qu'il s'agit de chimie, de biologie ou d'écologie, on lui a préféré des termes jugés plus précis, tels titre, teneur et bioconcentration.

Contaminant. – Polluant qui figure sur une liste de produits dangereux, établie en vertu de la Loi sur les contaminants de l'environnement.

Dose létale minimale. – Dans le cas de la toxicité pour l'homme (la dose définie ici peut être extrapolée à l'homme), il s'agit de la plus faible dose (autre que la DL 50) d'une substance dont l'absorption, excluant l'inhalation, en une ou plusieurs prises, au bout d'un temps donné, a été signalée comme cause de la mort d'un animal ou d'une personne. Abrév. DL min.

Dose létale moyenne (1). – Dans le cas de la toxicité pour l'animal, il s'agit de la dose qui tue, au bout d'un temps donné, 50 p. 100 des animaux auxquels on a fait absorber une certaine quantité de substance. Abrév. DL 50.

Dose létale moyenne (2). – À des fins de comparaison ou d'extrapolation dans l'étude de la toxicité pour l'homme, il s'agit de la dose (calculée) d'une substance censée entraîner, au bout d'un temps donné, la mort de 50 p. 100 d'une population homogène d'animaux. Elle est déterminée par suite de l'absorption, excluant l'inhalation, d'une quantité de cette substance par un lot statistiquement significatif d'animaux provenant de cette population. Abrév. DL 50.

Dose toxique minimale. – La plus faible dose d'une substance, introduite par toute autre voie que l'inhalation, pendant quelque période de temps que ce soit, dont l'absorption a été signalée comme cause d'effet toxique chez des personnes ou d'effets carcinogènes, néoplastogènes ou tératogènes chez les animaux ou les personnes. Abrév. DT min.

Facteur de bioconcentration. – Rapport de la teneur en une substance des tissus d'un organisme exposé (moins la teneur des tissus d'un organisme témoin) à la teneur en cette substance du milieu ambiant.

IDLH *(Immediately Dangerous to Life or Health).* – Teneur plafond à laquelle, dans un délai maximal d'exposition de 30 minutes, il est possible à une personne de fuir les lieux exposés sans qu'il n'y ait manifestation de signes fonctionnels d'intoxication, perturbation irréversible de la santé ou décès. Il s'agit d'une valeur définie et déterminée par le NIOSH.

Immission. – Transfert d'un polluant de l'atmosphère vers un «récepteur» qui peut être une personne, un animal, une plante. La teneur maximale d'immission, mentionnée au chapitre 7, se rapporte au polluant retenu dans les poumons. Il s'agit d'un concept d'origine allemande, adopté par l'ISO.

Létal. – En toxicologie, synonyme de mortel.

MAK *(Maximale Arbeidsplatz Konzentration).* – Teneur limite moyenne admissible en milieu de travail, compte tenu de semaines de 45 heures et de journées de 8 heures. Il s'agit d'une norme établie par la RFA.

MAK-D. – Teneur limite moyenne admissible en milieu de travail, compte tenu de semaines de 45 heures et de journées de 8 heures. Il s'agit d'une norme établie par la RDA.

MAK-K. – Teneur limite admissible en milieu de travail pour une période très courte ne dépassant pas 30 minutes. Il s'agit d'une norme établie par la RDA.

PEL *(Permissible Exposure Limit).* – Teneur limite moyenne (pondérée en fonction du temps) à laquelle peuvent être exposés des travailleurs pendant une période de relève. Il s'agit d'une valeur définie et déterminée par le NIOSH.

Polluant. – Agent physique, chimique ou biologique qui provoque une dégradation dans un milieu donné.

STEL (TLV – *Short Term Exposure Limit*). –Teneur limite à laquelle les travailleurs peuvent être exposés

de façon continue pour une courte période sans souffrir d'irritation, de dommage irréversible aux tissus ou d'une narcose suffisamment grave pour accroître la probabilité de blessure par accident, diminuer la capacité de fuir ou réduire physiquement l'efficacité au travail, en prenant pour acquis que la TLV quotidienne n'a pas été dépassée. Il s'agit d'une valeur définie et déterminée par l'ACGIH.

Teneur. – Quantité de matière solide, liquide ou gazeuse, rapportée à une masse ou à un volume d'autres matières dans lesquelles elle est en mélange, suspension ou dissolution.

Teneur efficace moyenne. – Dans le cas de la toxicité pour la micro-faune, il s'agit de la teneur à laquelle se produit, chez 50 p. 100 de la population, pour une durée d'exposition donnée, un effet tel que l'immobilisation, la perte de l'équilibre, une déficience de croissance ou même la mort. Abrév. TE 50.

Teneur inhibitrice moyenne. – Dans le cas de la toxicité pour la micro-flore ou la micro-faune, il s'agit de la toxicité qui inhibe à 50 p. 100 une activité biologique (par exemple, la croissance) en un temps déterminé. Abrév. TI 50.

Teneur létale minimale. – Dans le cas de la toxicité pour l'homme (la teneur définie ici peut être extrapolée à l'homme), il s'agit de la plus faible teneur (autre que la TL 50) de l'air en une substance dont l'inhalation a été signalée comme cause de la mort d'un animal ou d'une personne. Abrév. TL min.

Teneur létale moyenne (1). – Dans le cas de la toxicité pour l'animal, il s'agit de la teneur à laquelle meurent, au bout d'un temps donné, 50 p. 100 des animaux auxquels on a fait absorber une certaine quantité de substance. Abrév. TL 50.

Teneur létale moyenne (2). – À des fins de comparaison ou d'extrapolation dans l'étude de la toxicité pour l'homme, il s'agit de la teneur (calculée) de l'air en une substance dont l'inhalation est censée provoquer, au bout d'un temps donné, la mort de 50 p. 100 d'une population homogène d'animaux. Elle est déterminée par suite de l'exposition d'un lot statistiquement significatif d'animaux provenant de cette population. Abrév. TL 50.

Teneur plafond. – Teneur maximale admissible établie pour une durée d'exposition bien déterminée, dans le cas d'une substance très toxique. (L'IDLH et la TLV®-C sont des teneurs plafonds.)

Teneur toxique minimale. – La plus faible teneur de l'air en une substance à laquelle des personnes ou des animaux ont été exposés, pour quelque période de temps que ce soit, sans qu'il y ait eu d'effet toxique chez les personnes ou d'effets carcinogènes, néoplastogènes ou tératogènes chez les animaux ou les personnes. Abrév. TT min.

Titre (d'une solution, en chimie). – Rapport de la masse d'une substance dissoute à la masse totale ou du nombre de moles d'un constituant au nombre total de moles.

TLV® *(Threshold Limit Value).* – Teneur limite moyenne (pondérée en fonction du temps) à laquelle la majorité des travailleurs peuvent être exposés régulièrement à raison de 8 heures par jour, 5 jours par semaine, sans subir d'effet nocif. Il s'agit d'une valeur définie et déterminée par l'ACGIH.

TLV®-C *(Threshold Limit Value-Ceiling).* – Teneur limite admissible pour un moment donné. Il s'agit d'une valeur plafond définie et déterminée par l'ACGIH.

Tolérance moyenne. – Niveau de tolérance correspondant à la teneur à laquelle 50 p. 100 des sujets d'un test survivent au bout d'un temps donné. Abrév. TLm.

SIGLES

ACGIH	American Conference of Government Industrial Hygienists
ANSI	American National Standards Institute
ASTM	American Society for Testing and Materials
AWQC	Ambient Water Quality Criteria (USA)
AWWA	American Water Works Association
CBG	Chemical Buyers' Guide (USA)
CCD	Condensed Chemical Dictionary (USA)
CCPA	Canadian Chemical Producers Association
CCT	Commission canadienne des transports
CHRIS	Chemical Hazards Response Information System (USA)
DOT	Department of Transportation (USA)
EPA	Environmental Protection Agency (USA)
ITII	International Technical Information Institute (Japon)
MCA	Manufacturing Chemists Association (USA)
MDT	Ministère des Transports (du Canada)
NACE	National Association of Corrosion Engineers (USA)
NAS	National Academy of Sciences (USA)
NFPA	National Fire Protection Association (USA)
NIOSH	National Institute of Occupational Safety and Health
NRC	National Research Council (USA)
OSHA	Occupational Safety and Health Administration (USA)
STCC	Standard Transportation Commodity Code (Amérique du Nord)

1 RÉSUMÉ

Hypochlorite de sodium (NaOCl)
Liquide jaune verdâtre, aqueux, à odeur de chlore (d'agent de blanchiment)

Synonymes
Chlorure de soude, eau de Labarraque (en anglais: *sodium hypochlorite*)

Numéros d'identification
UN: 1791 (pour les solutions titrant plus de 5 p. 100)
CAS: 7681-52-9
OHM-TADS: 7800016
STCC: 7944123 (pour les solutions titrant moins de 7 p. 100)
4932378 (pour les solutions titrant plus de 7 p. 100)

Qualités et teneurs
Solutions aqueuses: 5 à 15 p. 100
Solution de qualité domestique: 5 à 5,5 p. 100
Solution de qualité commerciale: 9 à 15 p. 100

Dangers immédiats
Incendie. – Produit incombustible.
Effets sur l'homme. – L'hypochlorite de sodium est toxique par inhalation et ingestion.
Effets sur l'environnement. – Ce produit est toxique pour les espèces aquatiques à de faibles teneurs.

Données relatives aux propriétés physiques

État à l'expédition	Liquide (solution aqueuse)
Point d'ébullition	Se décompose avant d'atteindre le point d'ébullition
Point de fusion	Se décompose à 40 °C
Inflammabilité	Incombustible
Densité relative	1,21 (solution aqueuse à 14 p. 100, 20 °C)
Miscibilité (à l'eau)	29,4 g/100 g (0 °C)
Comportement dans l'eau	Coule et se mélange

Dangers pour l'environnement
L'hypochlorite de sodium est nocif pour les espèces aquatiques à des teneurs généralement inférieures à 10 mg/l. Il est également toxique pour les animaux terrestres lorsque ingéré. Ce produit n'est pas rémanent; il ne présente aucun danger de bio-accumulation et ne contamine pas les espèces des chaînes trophiques.

Dangers pour l'homme
Il n'existe ni TLV® (teneur maximale admissible établie par l'ACGIH) ni IDLH (teneur immédiatement dangereuse pour la vie ou la santé).
Effets en cas d'inhalation. – Le chlore libre irrite les muqueuses du nez et de la gorge, provoque la toux, brûle les tissus et peut causer de l'oedème pulmonaire ou un état de choc.
Effets en cas de contact. – Irritation, cloques, éventuellement eczéma.
Effets en cas d'ingestion. – Inflammation des muqueuses de la bouche, du pharynx, de l'oesophage et de l'estomac, érosion des muqueuses, hémorragie, éventuellement coma.

Dispositions immédiates à prendre

• En cas de déversement

Interdire l'accès au lieu où s'est produit l'accident. Signaler: «Produit corrosif». Prévenir le fabricant. Arrêter la fuite du produit et confiner le liquide déversé si cela ne présente aucun danger. Ne pas toucher au produit déversé. Empêcher que l'eau polluée atteigne un cours d'eau ou un égout.

• En cas d'incendie

Produit ininflammable et incombustible. S'il se trouve de l'hypochlorite de sodium sur les lieux d'un incendie, utiliser de la mousse, de la poudre sèche, du dioxyde de carbone, de l'eau pulvérisée ou un brouillard d'eau. Refroidir les récipients exposés aux flammes avec de l'eau.

Mesures d'intervention d'urgence

• Déversement sur le sol

Élever des barrages pour contenir le produit déversé ou le diriger vers des surfaces imperméables. Récupérer au moyen de pompes ou de dispositifs d'aspiration. En cas de déversement peu important, absorber le liquide avec des sorbants naturels ou synthétiques qui seront ramassés à la pelle et déposés dans des récipients appropriés.

• Déversement dans l'eau

Confiner le produit déversé au moyen de barrages flottants, par dérivation de l'eau ou encore à l'aide d'obstacles naturels.

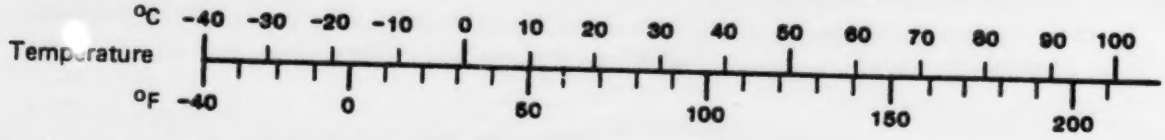
2 PROPRIÉTÉS PHYSIQUES ET CHIMIQUES

Le lecteur notera que sauf indication contraire, les données se rapportent à l'hypochlorite de sodium en solution vu que ce produit ne se trouve pas à l'état solide dans les conditions normales.

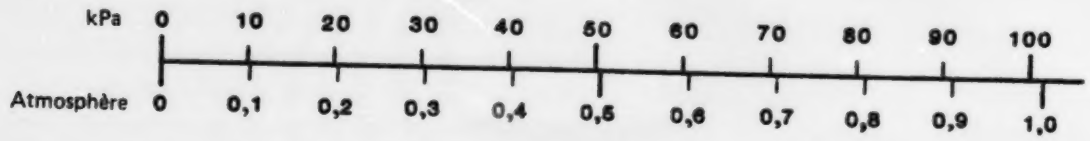
Aspect	Liquide jaune verdâtre (Olin MSDS, 1980)
État habituel du produit transporté	Liquide (solution aqueuse à 5 à 15 p. 100) (Kirk-Othmer, 1978)
État physique (15 °C, 1 atm)	Solide instable. À la température ambiante, toujours sous forme de solution aqueuse. Le pentahydrate ($NaOCl . 5H_2O$) est un tant soit peu stable (Kirk-Othmer, 1978)
Variables d'état	
Point de fusion	Se décompose au-dessus de 40 °C; le pentahydrate fond à 18 °C (Kirk-Othmer, 1978)
Point d'ébullition	Se décompose avant d'atteindre le point d'ébullition (Olin MSDS, 1980)
Densité relative	1,21 (pour la solution aqueuse à 14 p. 100) (CCPA, 1984) 1,12 (pour la solution aqueuse d'une teneur de 9 à 13 p. 100) (Olin MSDS, 1980)
Propriétés relatives à la combustion	
Inflammabilité	Incombustible (Olin MSDS, 1980)
Température de décomposition	> 40 °C (Kirk-Othmer, 1978)
Miscibilité	
à l'eau	29,4 g par 100 g (à 0 °C), 53 g par 100 g (à 25 °C), 110 g par 100 g (à 40 °C) (Lange's Handbook, 1979) 29,3 g dans 100 g (à 25 °C) (dans le cas du pentahydrate) (OHM-TADS, 1981)
Autres propriétés	
Masse moléculaire du corps pur (solide)	74,44 (CRC, 1980)
Composition caractéristique de la solution commerciale	5 à 15 p. 100 d'hypochlorite de sodium 95 à 85 p. 100 d'eau 0,25 à 0,35 p. 100 d'alcali libre 0,50 à 1,50 p. 100 de NaCl (Kirk-Othmer, 1978; Ullmann, 1975)
Chaleur de formation	-346,0 kJ/mol (25 °C) (à l'état cristallin) (Lange's Handbook, 1979; Kirk-Othmer, 1978) -304,0 kJ/mol (25 °C) (en phase aqueuse) (Kirk-Othmer, 1978)
Chaleur de dissolution	-15 kJ/mol (est.) (à 20 °C) (CHRIS, 1978)

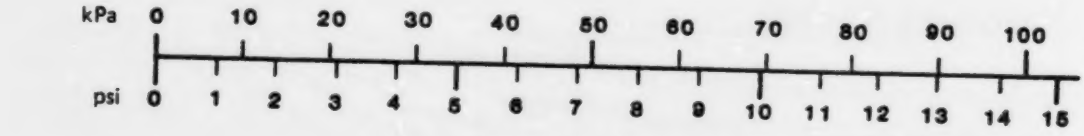
Tableau 1

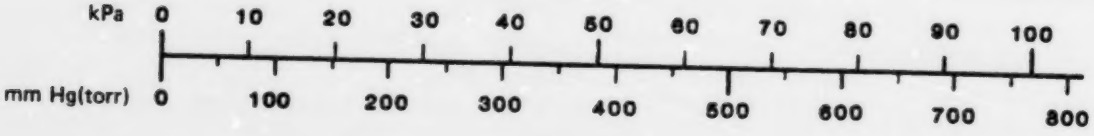
HYPOCHLORITE DE SODIUM — **NOMOGRAMMES DE CONVERSION**



Pression — 1 kPa = 1000 Pa







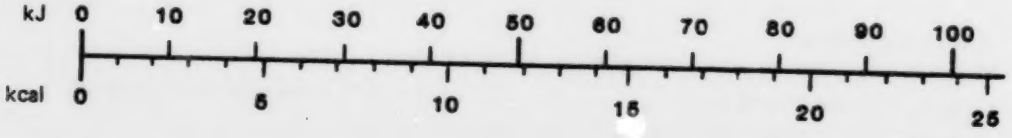
Viscosité

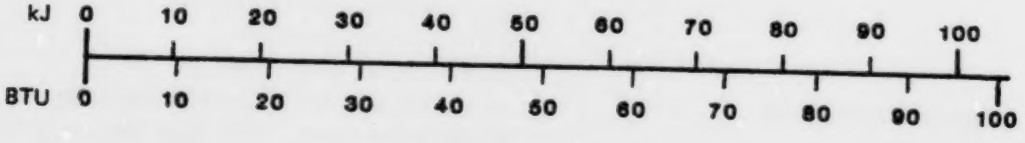
Dynamique — 1 Pa·s = 1000 centipoises (cPo)

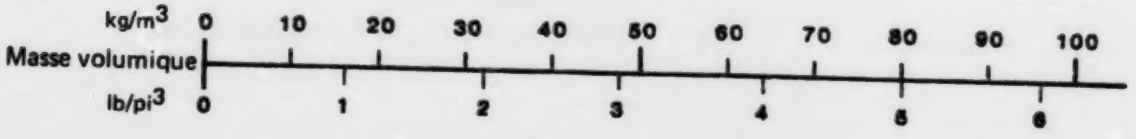
Cinématique — 1 m^2/s = 1 000 000 centistokes (cSt)

Teneur (de l'eau)
1 ppm ≅ 1 mg/l

Énergie (chaleur) — 1 kJ = 1000 J







3 PRODUCTION, TRANSPORT ET COMMERCE

3.1 Qualités et titres

(Olin MSDS, 1980; Kirk-Othmer, 1978; Ullmann, 1975; Sauter, 1982; WPC, 1977)

L'hypochlorite de sodium se vend en solution contenant entre 5 et 15 p. 100 de chlore actif en poids. Comme la teneur en chlore actif correspond en gros au pourcentage (en poids) d'hypochlorite de sodium, ces valeurs ont souvent été utilisées indifféremment l'une pour l'autre. Pour la chloration industrielle, on emploie surtout la solution à 12 p. 100 de chlore actif (10,8 p. 100 d'hypochlorite alcalin). La teneur en chlore actif est généralement de 5 et 5,5 p. 100 pour les solutions destinées à l'usage domestique et varie entre 9 et 15 p. 100 pour les solutions commerciales.

La demi-vie des solutions est considérablement prolongée lorsqu'on les stabilise avec un alcali libre, tel de l'hydroxyde de sodium. Par exemple, la demi-vie d'une solution titrant 15 p. 100 qui est d'une centaine de jour si elle n'a pas été stabilisée augmente de plusieurs facteurs si on lui ajoute de 0,20 à 0,35 p. 100 d'alcali libre. À noter que les solutions titrant plus de 35 p. 100 de chlore actif sont toujours instables. Les solutions d'hypochlorite de sodium renferment également entre 0,5 et 1,5 p. 100 (poids pour poids) de chlorure de sodium (sel) qui est un produit de dégradation ainsi qu'une impureté de la production.

3.2 Fabricants situés au Canada

(Corpus, 1983; CBG, 1980; Scott, 1979)

Les adresses qui suivent sont celles du siège social des compagnies listées et non celles des services d'information en cas de déversement:

Bristol-Myers Canada Ltd., Bristol-Myers Products Canada Division, 99 Vanderhoof Avenue, Toronto (Ont.), M4G 2H6, (416) 421-6000.

Canadian Miraclean Products Ltd., 2531 No. 5 Road, Richmond (C.-B.), V6X 2S8, (604) 278-8441.

Canso Chemicals Ltd., C.P. 484, New Glascow (N.-É.), B2H 5E5, (902) 755-1785.

Chlorox Co. of Canada Ltd., 901-112 West Pender Street, Vancouver (C.-B.), V6E 2S1, (604) 684-6511.

C-I-L Inc., 90 Sheppard Avenue East, North York (Ont.), M2N 6H2, (416) 226-6110.

Diversey Corporation of Canada, 201 City Centre Drive, Mississauga (Ont.), L5B 2T4, (416) 273-4690.

Lavo Ltd., 1880, rue de Chambly, Montréal (Qc), H1W 3J2, (514) 526-7783.

Prince Albert Pulp Co. Ltd., Saskatoon Chemical Division, C.P. 1586, Saskatoon (Sask.), S7K 3R3, (306) 652-9456.

Stanchem, Industrial Chemical Division, PPG Industries Canada Ltd., 50 St. Clair Avenue, Toronto (Ont.), M4V 1M9, (416) 923-5441.

Welland Chemical Ltd., 3068 Universal Drive, Mississauga (Ont.), L4X 2C8, (416) 625-5690.

3.3 Autres fournisseurs (CBG, 1980; CCPA, 1983; Corpus, 1983)

Bayer (Canada) Inc., 7600, route Transcanadienne, Pointe-Claire (Qc), H9R 1C8, (514) 697-5550.

Chlorox Canada, 317 Orenda Drive, Brampton (Ont.), L6T 1G4, (416) 457-1922.

Harrison and Crosfield (Canada) Ltd., 4 Banigan Drive, Toronto (Ont.), M4H 1G1, (416) 425-6500.

Shefford Chemicals Ltd., 1028, rue Principale, Granby (Qc), J2G 8C8, (514) 378-0125.

Stanchem, Industrial Chemicals Division, PPG Industries Canada Ltd., Beauharnois (Qc), J6N 3C3, (514) 429-4641.

3.4 Centres de production (Corpus, 1983)

Au Canada, les usines qui produisent de l'hypochlorite de sodium sont disséminées dans huit provinces. Les plus importantes sont situées à Montréal et Bécancour, au Québec, à Toronto et à Moncton. Ce produit est utilisé un peu partout au Canada.

3.5 Volume de production (Corpus, 1983)

Société	Emplacement	Capacité nominale kilotonnes/an (1982)
Production destinée à la vente		
Bristol-Myers Canada	Moncton (N.-B.)	2,5
Bristol-Myers Canada	Québec (Qc)	1
Bristol-Myers Canada	Montréal (Qc)	4
Bristol-Myers Canada	Toronto (Ont.)	5
Bristol-Myers Canada	Winnipeg (Man.)	2
Bristol-Myers Canada	Edmonton (Alb.)	2
Bristol-Myers Canada	Vancouver (C.-B.)	2
C-I-L Inc.	Bécancour (Qc)	2,5
C-I-L Inc.	Cornwall (Ont.)	4
Canadian Miraclean Products	Vancouver (C.-B.)	1,5
Canso Chemicals	Abercrombie Point (N.-É.)	1
Diversy (Canada)	Mississauga (Ont.)	1,5
Lavo	Montréal (Qc)	1
Old Dutch Chemicals	Weston (Ont.)	1
Saskatoon Chemical	Saskatoon (Sask.)	1
Stanchem (PPG)	Beauharnois (Qc)	1
Welland Chemical	Sarnia (Ont.)	1
Sous-total		34
Production destinée à l'usage de la société		
Abitibi Paper	Smooth Rock Falls (Ont.)	3
B.C. Forest Products	Crofton (C.-B.)	5
Boise Cascade Canada	Newcastle (N.-B.)	7
Boise Cascade Canada	Fort Frances (Ont.)	4
Canadian International Paper	La Tuque (Qc)	2
Cariboo Pulp & Paper	Quesnel (C.-B.)	6,8
Consolidated-Bathurst	Portage-du-Fort (Qc)	5
Consolidated-Bathurst	Trois-Rivières (Qc)	3
Crown Zellerbach Canada	Campbell River (C.-B.)	8
Eddy Forest Products	Espanola (Ont.)	5
Fraser	Atholville (N.-B.)	3
Fraser	Edmundston (N.-B.)	4
Great Lakes Forest Industries	Thunder Bay (Ont.)	5
Intercontinental Pulp	Prince George (C.-B.)	4
James River-Marathon	Marathon (Ont.)	5
Kimberley-Clark of Canada	Terrace Bay (Ont.)	5
MacMillan Bloedel	Nanaimo (C.-B.)	15
MacMillan Bloedel	Port Alberni (C.-B.)	4
MacMillan Bloedel	Powell River (C.-B.)	4
Proctor & Gamble Cellulose	Grande Prairie (Alb.)	7
Prince Albert Pulp	Prince Albert (Sask.)	7,5

Société	Emplacement	Capacité nominale kilotonnes/an (1982)
St. Regis Alberta	Hinton (Alb.)	5
Tahsis	Gold River (C.-B.)	6,5
Tembec Industries	Témiscaming (Qc)	4
Western Forest Products	Port Alice (C.-B.)	4
Western Forest Products	Wood Fibre (C.-B.)	5
Weyerhaeuser Canada	Kamloops (C.-B.)	4
Sous-total		140,8
Capacité nominale totale		174,8
Production nationale (1982)		153
Importations (1982)		0,1
TOTAL		153,1

3.6 Fabrication (Shreve, 1977)

3.6.1 Procédé de fabrication. – Le plus usité est l'absorption de chlore gazeux dans une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium:

$$Cl_2 + 2NaOH \rightarrow NaCl + H_2O + NaClO$$

Les teneurs généralement obtenues sont inférieures à 15 p. 100.

3.7 Principales utilisations au Canada (Corpus, 1983)

L'hypochlorite de sodium sert au blanchiment de la pâte à papier, au blanchissage, au traitement des effluents, au blanchiment des tissus, à la désinfection (industrielle, piscines) et à la transformation des aliments (anti-odorant et désinfection). En 1982, 85 p. 100 de la production nationale servait au blanchissage.

3.8 Principaux acheteurs au Canada (Corpus, 1983)

Burns Bros, Calgary, Alberta
Canada Packers, Toronto, Ontario
Canadian Int'l Paper, Gatineau, Québec
Dominion Cellulose, Toronto, Ontario
Dominion Electroplating, Midland, Ontario
Domtar, Cornwall, Ontario et Beauharnois, Québec
Englehard Industries, Toronto, Ontario
Goodyear Canada, Toronto, Ontario
Gulf & Western (Canada), Windsor, Ontario
Houdaille Oshawa, Oshawa, Ontario
Kert Chemical, Toronto, Ontario
Municipalité d'Orangeville, Ontario
Nacan Products, Collingwood, Ontario
Polysar, Sarnia, Ontario
Prentice Chemical, Hamilton, Ontario
St. Lawrence Starch, Mississauga, Ontario
St. Lawrence Textiles, Hawkesbury, Ontario
Savage Products, Calgary, Alberta
Shefford Chemicals, Granby, Québec
Swift Canadian, Toronto, Ontario

4 MANUTENTION DU PRODUIT ET COMPATIBILITÉ AVEC CERTAINS MATÉRIAUX

4.1 Citernes et autres récipients d'expédition

4.1.1 Transport en vrac. – Les solutions d'hypochlorite de sodium sont expédiées en vrac par wagons-citernes et véhicules-citernes devant satisfaire à certaines prescriptions. Au Canada, l'hypochlorite de sodium est transporté surtout par camions-citernes.

4.1.1.1 Wagons-citernes. – Les wagons-citernes utilisés pour le transport de l'hypochlorite de sodium ne font pas l'objet d'une réglementation spécifique. On emploie d'ordinaire des wagons-citernes de spécifications 111A60W2, 111A100W2 ou 111A60W5 (voir tableau 2). La figure 1 illustre un wagon-citerne de spécification 111A100W2 et le tableau 3 fournit les données chiffrées relatives à ce type de wagon. Le déchargement s'effectue habituellement par le haut au moyen d'air comprimé (PC, 1982). Le liquide est retiré par un tube plongeur partant du fond de la citerne, qui débouche sur la plate-forme supérieure et se termine par un robinet de déchargement du produit de 51 mm (2 po) de diamètre. Une pression d'air de 207 kPa (30 psi) est appliquée par le robinet d'air mesurant 25 mm (1 po) en général.

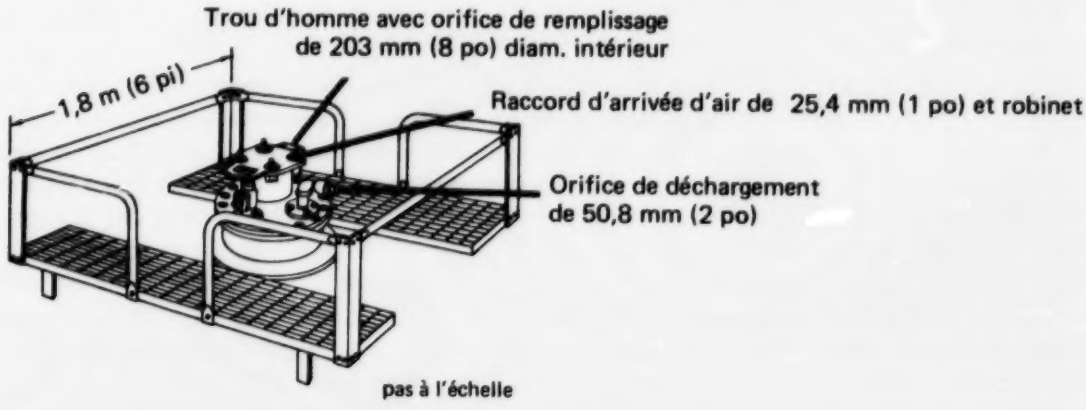
Tableau 2
Spécifications CCT/DOT s'appliquant aux wagons-citernes utilisés pour l'hypochlorite de sodium

Numéro	Description
111A60W2	Citerne en acier soudé par fusion, chemisée, sans dôme, isolée ou non. Creux minimal de 2 p. 100. Indicateur de niveau. Soupape de sécurité (242 kPa) (35 psi) ou évent de sûreté (414 kPa) (60 psi). Organes de déchargement par le haut exigés. Organes de déchargement par le bas interdits. Orifice de purge facultatif. Pression d'épreuve: 414 kPa (60 psi).
111A100W2	Citerne en acier soudé par fusion, chemisée, sans dôme, isolée ou non. Creux minimal de 2 p. 100. Indicateur de niveau. Soupape de sécurité (518 kPa) (75 psi), évent de sûreté (690 kPa) (100 psi). Organes de déchargement par le haut exigés. Organes de déchargement par le bas interdits. Orifice de purge facultatif. Pression d'épreuve: 690 kPa (100 psi).
111A60W5	Citerne en acier soudé par fusion, sans dôme, isolée ou non. Revêtement intérieur de caoutchouc. Creux minimal de 2 p. 100. Indicateur de niveau. Évent de sûreté (242 kPa) (35 psi). Organes de déchargement par le haut exigés. Organes de déchargement par le bas ou orifice de purge interdits. Pression d'épreuve: 414 kPa (60 psi).

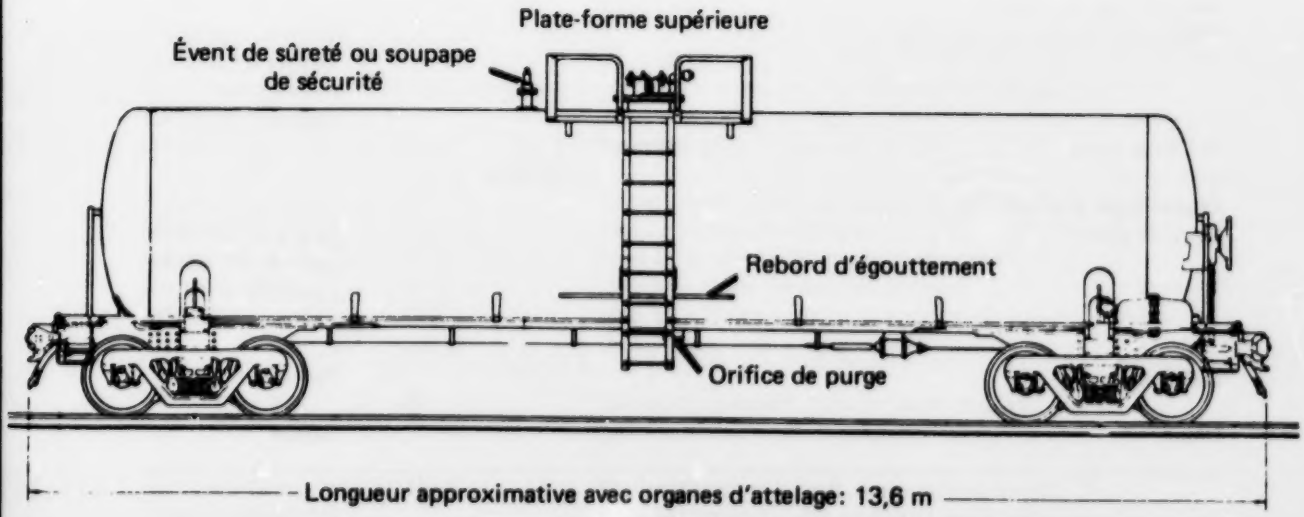
Figure 1

HYPOCHLORITE DE SODIUM — **WAGON-CITERNE DE SPÉCIFICATION 111A100W2**

(Sources: TCM, 1979; AAR, 1982; RTDCR, 1974)



Détail de la plate-forme supérieure



Échelle approximative – 1:72

Tableau 3
Caractéristiques du wagon-citerne de spécification 111A100W2
(TCM, 1979; AAR, 1982; RTDCR, 1974)

Description	Dimensions	Remarques
Structure		
Capacité nominale	50 500 l (11 100 gal)	
Tare	25 200 kg (55 600 lb)	
Masse brute maximale	119 300 kg (263 000 lb)	
Citerne		
Matériau	Alliage d'aluminium	
Épaisseur	14,3 mm (9/16 po)	
Diamètre intérieur	2,40 m (94 1/2 po)	
Pression d'épreuve	690 kPa (100 psi)	
Pression d'éclatement	3450 kPa (500 psi)	
Dimensions habituelles		
Longueur avec organes d'attelage	13,6 m (44 pi 7 1/4 po)	
Longueur avec pylônes de choc	12,8 m (41 pi 11 3/4 po)	
Distance entre pivots de bogie	9,46 m (31 pi 1/4 po)	
Hauteur au sommet du caillebotis	3,48 m (11 pi 5 13/16 po)	
Hauteur hors-tout	4,26 m (13 pi 11 13/16 po)	
Largeur hors-tout (avec poignées)	3,21 m (10 pi 6 1/2 po)	
Hauteur de l'axe d'attelage au-dessus du rail	0,88 m (2 pi 10 1/2 po)	
Longueur du caillebotis	2,44 m (8 pi 1/8 po)	
Largeur du caillebotis	1,82 m (6 pi)	
Dispositifs de chargement et de déchargement		
Robinet de déchargement	51 mm (2 po)	
Orifice de remplissage	203 mm (8 po)	
Raccord à air comprimé	25 mm (1 po)	
Orifice de déchargement par le bas		Interdit, approbation de la CCT requise pour décharger par le bas
Orifice de purge	152-203 mm (6 à 8 po)	
Dispositifs de sécurité		Exigé; peut être doté d'un disque de rupture avec orifice d'évent de 3 mm (1/8 po)
Évent de sûreté		
Isolation		Facultative
Dôme		Aucun

La citerne doit être munie d'une soupape de sécurité réglée à 518 kPa (75 psi) ou d'un évent de sûreté réglé à 690 kPa (100 psi). Un dispositif de jaugeage à tige ou à ruban est aussi exigé. La pression maximale des wagons de spécification 111A100W2 est de 448 kPa (65 psi) et celle des wagons de spécification 111A60W2 est de 276 kPa (30 psi) (TCM, 1979). Dans l'un et l'autre cas, cette pression est supérieure à la pression maximale de l'air comprimé utilisé pour le déchargement (207 kPa ou 30 psi). Le transport de l'hypochlorite de sodium ne se fait jamais sous pression (PC, 1982).

4.1.1.2 Véhicules-citernes. – Tel que mentionné, l'hypochlorite de sodium est transporté surtout par camions-citernes, d'une contenance allant de 2300 à 20 000 litres (500 à 4500 gal) (Sauter, 1982). Ces camions-citernes sont également déchargés au moyen d'air comprimé dont la pression n'excède pas 207 kPa (30 psi). Le tube plongeur se trouve généralement à l'arrière de la citerne. L'entrée d'air consiste normalement en un about fileté de 25 mm (1 po) de diamètre situé dans la partie supérieure de la citerne et par lequel est appliquée une pression d'air maximale de 207 kPa (30 psi).

Le transport de solutions d'hydroxyde de sodium n'est assujetti à aucune exigence spécifique énoncée dans le *Code de transport des matières dangereuses* (TDGC, 1980).

4.1.2 Autres récipients d'expédition. – Les solutions d'hypochlorite de sodium se transportent également en fûts pouvant être fabriqués en divers matériaux (voir le tableau 4) (TDGC, 1980). Les fûts d'acier doivent être chemisés avec des matériaux comme le polyéthylène ou le PVC.

L'hypochlorite de sodium s'expédie aussi en bonbonnes de verre protégées ou placées dans un emballage extérieur en polyéthylène expansé (TDGC, 1980). Les qualités pour emploi domestique se vendent surtout en petits récipients de polyéthylène. Les solutions à 12 - 15 p. 100 utilisées pour la désinfection des piscines sont la plupart du temps disponibles en bouteilles de 3,8 et 7,6 l (0,8 et 1,5 gal), en bonbonnes de 23 à 57 l et en fûts de 205 l (45 gal), tous en polyéthylène (Kirk-Othmer, 1978).

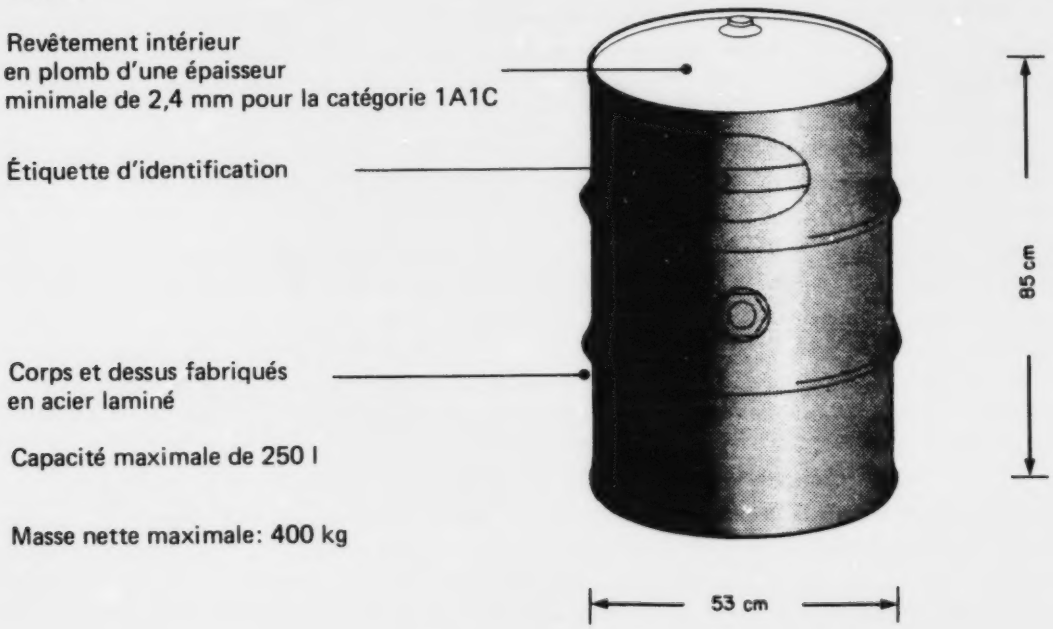
Tableau 4
Caractéristiques des fûts utilisés pour le transport de l'hypochlorite de sodium

Catégorie	Code	Description	Figure
Acier (chemisé pour le transport de l'hypochlorite de sodium)	1A1	Dessus non amovible, réutilisable	2
	1A1A	Idem, avec rebords renforcés	2
	1A1B	Idem à 1A1, avec collerette de fermeture soudée	2
	1A1C	Idem à 1A1, avec revêtement de plomb	2
	1A1D	Idem à 1A1, avec revêtement autre que du plomb	2
	1A3	Dessus non amovible, usage unique	2
Matière plastique	1H1	Dessus non amovible. Contenance de 250 l (55 gal) Masse nette maximale: 400 kg (882 lb)	
Fût en acier avec récipient intérieur en matière plastique	6HA1	Tôle extérieure en acier façonnée comme un fût. Récipient intérieur en matière plastique. Contenance de 225 l (49 gal)	

Figure 2

HYPOCHLORITE DE SODIUM — FÛT TYPE 1A1

En acier



4.2 Déchargement

4.2.1 Équipement et opérations de déchargement des wagons-citernes. – Certaines précautions s'imposent avant de procéder au déchargement des wagons-citernes (PC, 1982).

- s'assurer que le réservoir de stockage mis à l'air libre peut recevoir tout le contenu du wagon-citerne;
- les employés *ne doivent en aucun cas* pénétrer dans la citerne;
- les freins doivent être serrés et les deux extrémités du wagon-citerne doivent être munies de cales; des dérailleurs doivent être en place et les écriteaux d'avertissement, installés;
- le poste de déchargement doit être doté d'un quai de service offrant toutes les conditions de sécurité.

Le déchargement du wagon-citerne doit se faire comme suit (PC, 1982):

- raccorder la conduite-produit de déchargement de 51 mm (2 po) à l'organe de déchargement, et brancher le tuyau à air comprimé de 25 mm (1 po). La pression d'air doit être abaissée à 207 kPa (30 psi) pour l'opération de déchargement de l'hypochlorite de sodium; le tuyau d'air comprimé doit être muni d'une soupape de sûreté réglée à 242 kPa (35 psi);
- ouvrir le robinet d'alimentation en air comprimé et ouvrir le robinet de déchargement du produit pour procéder au transfert;
- une fois le wagon-citerne déchargé, fermer le robinet d'alimentation en air comprimé et ouvrir la valve de l'évent pour réduire sa pression à la pression atmosphérique;
- pour fermer le wagon-citerne, suivre les étapes qui précèdent, mais dans l'ordre inverse.

4.2.2 Équipement et opérations de déchargement des véhicules-citernes. – Les procédés de déchargement des véhicules citernes sont semblables à ceux qu'on emploie pour le déchargement des wagons-citernes.

4.2.3 Spécifications et matériaux de fabrication de l'équipement de déchargement. – Les matériaux de fabrication des divers éléments des organes de déchargement présentés ci-dessous de même que les spécifications connexes, sont ceux qui généralement prévalent pour le transport de l'hypochlorite de sodium. Dans certains cas, d'autres matériaux peuvent être utilisés comme l'indique le tableau 5. Les composants d'un système de déchargement comprennent notamment les conduites et raccords, les raccords flexibles, les robinets et soupapes, les joints d'étanchéité, les pompes et les réservoirs d'emmagasinage.

Pour les conduites et les raccords, on recommande l'acier au carbone sans soudure ASTM A106, de nomenclature 40, chemisés de verre, de caoutchouc ou de chlorure de polyvinylidène (Saran) (DCRG, 1978). Il faudra utiliser des joints à brides soudées de préférence aux raccords filetés qui ont tendance à fuir après un service de courte durée. La réduction des contraintes résiduelles aux points de soudure, par recuit, prolongera la durée de service des conduites. Les canalisations doivent être testées avec de l'air comprimé à des pressions allant de 345 à 518 kPa (50 à 75 psi) et toutes les fuites doivent être soigneusement colmatées. La conduite-produit de déchargement doit avoir un diamètre de 51 mm (2 po), dimension standard des raccords sur les wagons-citernes utilisés pour le transport de l'hypochlorite de sodium; les autres conduites peuvent être de n'importe quel diamètre. On déconseille toutefois l'utilisation de conduites ayant un diamètre inférieur à 25 mm (1 po) (PC, 1982). Les conduites extérieures doivent être installées de manière à s'auto-drainer.

Des conduites et des joints tournants en acier inoxydable peuvent être utilisés pour les parties souples des organes de déchargement. Le joint tournant à roulement à billes ou une boîte à garniture donneront tous deux un rendement adéquat s'ils sont bien entretenus. Pour le transvasement de solutions à faibles teneurs et dans des conditions normales de température, des flexibles en caoutchouc fluoré (Viton) conviennent (GF).

Des robinets à manoeuvre rapide ou à tournant conique en alliage «20» seront parfaitement adaptés (JSSV, 1979). Le Viton constitue un bon matériau d'étanchéité (GF). On recommande une pompe centrifuge à admission unilatérale avec arbre et ouïes en alliage «20» et une enveloppe en acier inoxydable moulé.

L'hypochlorite de sodium est généralement entreposé dans des réservoirs en acier inoxydable ou des citernes en acier au carbone avec parois revêtues de caoutchouc, mais peuvent également être en plastique renforcé ou en acier chemisé avec PVC (SH, 1977).

4.3 Compatibilité entre le produit et certains matériaux

La compatibilité de l'hypochlorite de sodium et de certains matériaux de fabrication est indiquée au tableau 5. Voici une brève définition des termes utilisés pour le mode d'évaluation des matériaux.

Recommandé: donne satisfaction dans l'utilisation indiquée;

Avec réserves: se détériore; ne convient qu'en cas d'utilisation intermittente ou de courte durée;

Déconseillé: se détériore rapidement dans l'utilisation indiquée. Ne doit pas être utilisé.

Tableau 5
Compatibilité entre l'hypochlorite de sodium et certains matériaux de fabrication

Utilisation	Teneur (ou titre) du produit	Température (°C)	Recommandé	Réserves	Déconseillé
1. Conduites et raccords	> 15 p. 100		Polyéthylène (DPPED, 1967)		ABS* (DPPED, 1967)
	5 p. 100, 15 p. 100	52	Polychlorure de vinylidène (Saran®) (DCRG, 1978)		
		60	PVC I, PVC II (DPPED, 1967)		
	5 p. 100	79	Polypropylène (DCRG, 1978)		
		93	Polyéther chloré (DCRG, 1978)		
		135	Polyfluorure de vinylidène (DCRG, 1978)		
	15 p. 100	79	Polyéther chloré, polypropylène (DCRG, 1978)		
		135	Polyfluorure de vinylidène (DCRG, 1978)		
	Concentré	Jusqu'à la limite de résistance du matériau	PVC I, polyéthylène (MWPP, 1978), Kynar (Kirk-Othmer, 1978)		ABS* (MWPP, 1978)
2. Robinetterie	5 p. 100 et plus	> 50	Alliage «20», acier inoxydable 316 (risque d'être rongé autour de la tige de manoeuvre) (JSSV, 1979) Robinet à tournant sphérique avec revêtement de téflon, robinet à membrane avec revêtement de Kynar (Kirk-Othmer, 1978)		
3. Pompes	5 p. 100, 10 p. 100	49	Plastiques renforcés avec joint torique en caoutchouc fluoré (Viton) Fonte austénique à haute teneur en silicium (HIS, 1969)		
4. Réservoirs de stockage	> 15 p. 100	> 50	Acier au carbone chemisé de verre, de PVC ou de caoutchouc (SH, 1977)		Acier au carbone seul, cuivre (SH, 1977)

Utilisation	Teneur (ou titre) du produit	Température (°C)	Recommandé	Réserves	Déconseillé
5. Autres	5 p. 100	20	Acier inoxydable 316 (ASS)	Acier inoxydable 302 et 304 (ASS)	Acier inoxydable 410 et et 430 (ASS)
	Dilué (solutions aqueuses)	20	Chlorure de polyvinyle non plastifié, butyle, caoutchouc éthylènepropylène, caoutchouc fluoré (Viton), polyéthylène chlorosulfoné (GF)	Polyéthylène, polypropylène (GF)	Polyoxyméthylène, caoutchouc naturel, acrylonitrile/butadiène (nitrile, Buna-N), néoprène (GF)
	Concentré	23 49	Polypropylène (TPS, 1978)		
		60 66	PVC (TPS, 1978)	Polypropylène (TPS, 1978)	
		85	Poly(chlorure de vinyle) surchloré (TPS, 1978), silicium, styrène/butadiène (GR-5, Buna S), (GPP)		Polypropylène (TPS, 1978)
	10 p. 100	24 à 100	Verre (CDS, 1967)		
	Concentré	24 à 100	Verre (CDS, 1967)		
	10 p. 100	24	Béton (CDS, 1967)		
	Concentré	24	Béton (CDS, 1967)		Bois (CDS, 1967)

* ABS = acrylonitrile-butadiène-styrène

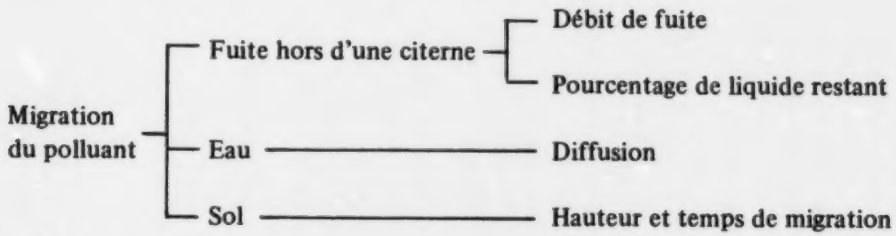
5 FUITE ET MIGRATION DU PRODUIT

5.1 Aperçu général

Normalement, l'hypochlorite de sodium est fabriqué et commercialisé sous forme de solutions aqueuses dont la teneur varie de 5 à 15 p. 100. Ces solutions sont légèrement plus lourdes que l'eau, à 20 °C, et se mélangent rapidement à celle-ci. Déversé sur le sol, le liquide s'étale en surface puis migre dans le sol à une vitesse qui varie selon le type de sol et la teneur en eau de ce dernier. L'infiltration d'hypochlorite de sodium jusqu'à la nappe phréatique peut avoir des conséquences néfastes pour l'environnement.

Les solutions d'hypochlorite de sodium étant relativement peu volatiles, il n'y a pas à craindre de dispersion du produit dans l'atmosphère. Il peut y avoir libération de chlore en raison d'une réaction chimique ou thermique difficiles à prévoir cependant.

Voici les facteurs à prendre en considération en cas de migration d'hypochlorite de sodium dans l'eau ou dans le sol:



À cause du caractère approximatif des calculs dans le domaine de la migration des polluants, la méthode adoptée consiste à utiliser des estimations prudentes des paramètres critiques dans le but d'établir des prévisions qui reflètent le plus fidèlement possible les pires scénarios. En suivant cette méthode, il se peut que l'on doive poser des hypothèses différentes pour chaque milieu. Cette méthode permet donc de comparer le comportement de différents produits chimiques dans les pires scénarios à partir d'hypothèses compatibles avec chaque milieu.

5.2 Fuite du produit

5.2.1 Introduction. – L'hypochlorite de sodium est ordinairement transporté à l'état liquide non pressurisé dans des camions-citernes et à l'occasion dans des wagons-citernes. Pour la collection Enviroguide, nous avons choisi une citerne ayant une contenance d'environ 80 000 l pour établir les nomogrammes de fuite.

Si le fond d'un wagon-citerne rempli d'hypochlorite de sodium est percé, tout le liquide s'écoulera sous l'action de la pesanteur. Grâce aux nomogrammes, on pourra calculer la quantité de liquide restant dans la citerne ainsi que le débit de fuite du liquide en fonction du temps écoulé. Comme le produit n'est pas transporté dans des citernes sous pression et qu'il est peu volatil, aucun nomogramme n'a été préparé pour la fuite éventuelle de vapeurs par un orifice qui serait situé au-dessus du niveau du liquide.

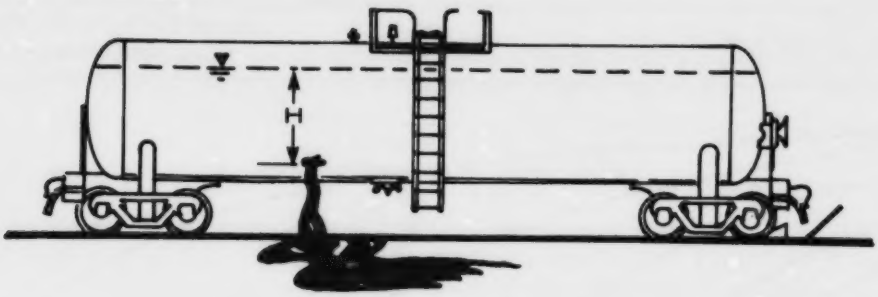


Figure 3 WAGON-CITERNE PERFORÉ AU-DESSOUS DU NIVEAU DU LIQUIDE

Dans le cas d'un orifice situé dans le bas d'une citerne, le débit de sortie qs, autrement dit le débit de fuite, se calcule par la méthode dite des orifices (Streeter, 1971). Le débit de fuite qf est fonction de la surface s et de la forme de l'orifice, de la hauteur h du liquide au-dessus de l'orifice et du coefficient de débit Cq.

Comme la force de gravité prédomine sur la viscosité et d'autres forces, dans une large gamme de conditions où se trouvent le liquide, le débit est relativement indépendant de la température et de la viscosité du liquide (Rouse, 1961). Il est donc raisonnable de supposer que le coefficient de débit de l'hypochlorite de sodium sera constant dans une large gamme de températures et de viscosité. Pour la construction des nomogrammes, nous avons donc supposé un coefficient de débit constant de 0,8.

5.2.2 Nomogrammes relatifs aux fuites

5.2.2.1 Pourcentage de liquide restant en fonction du temps écoulé. – La figure 4 permet d'évaluer le pourcentage de liquide restant dans un wagon-citerne en fonction du temps écoulé depuis le moment de la rupture, et en fonction d'un certain nombre de diamètres de l'orifice. Ces diamètres sont des diamètres équivalents et valent pour des orifices de toutes formes.

On suppose que le wagon-citerne a une contenance d'environ 80 000 litres et qu'il était plein au moment de la rupture ($t = 0$). Le volume de liquide restant, après un temps t écoulé donné, n'est pas seulement fonction du débit de fuite, mais aussi de la taille et de la forme du wagon-citerne.

5.2.2.2 Débit de fuite en fonction du temps écoulé. – La figure 5 permet d'évaluer à tout instant le débit de fuite volumique (l/s) après un temps t écoulé donné, en fonction de diamètres équivalents donnés. Le nomogramme ne vaut que pour un wagon-citerne contenant au départ 80 000 litres d'hypochlorite de sodium.

5.2.3 Exemples de calcul

PROBLÈME A

Un wagon-citerne type (diamètre 2,75 m et longueur de 13,4 m) rempli d'hypochlorite de sodium a été perforé dans le bas. Le diamètre équivalent de l'orifice est de 150 mm. Quel pourcentage du volume initial de 80 000 litres reste-t-il après 10 minutes?

Solution (voir figure 4): Si $t = 10$ mn et $\phi = 150$ mm, le liquide restant représente 36 p. 100 du volume initial, soit 28 000 l.

Figure 4

HYPOCHLORITE DE SODIUM

POURCENTAGE DE LIQUIDE RESTANT EN FONCTION DU TEMPS ÉCOULÉ

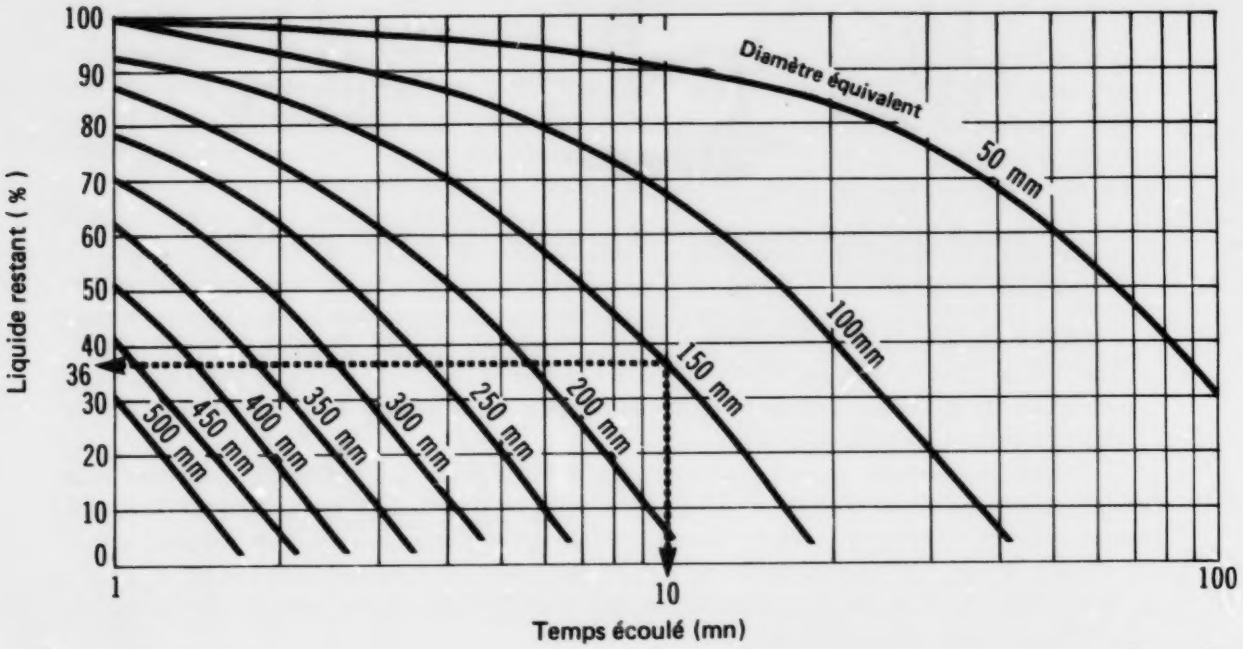
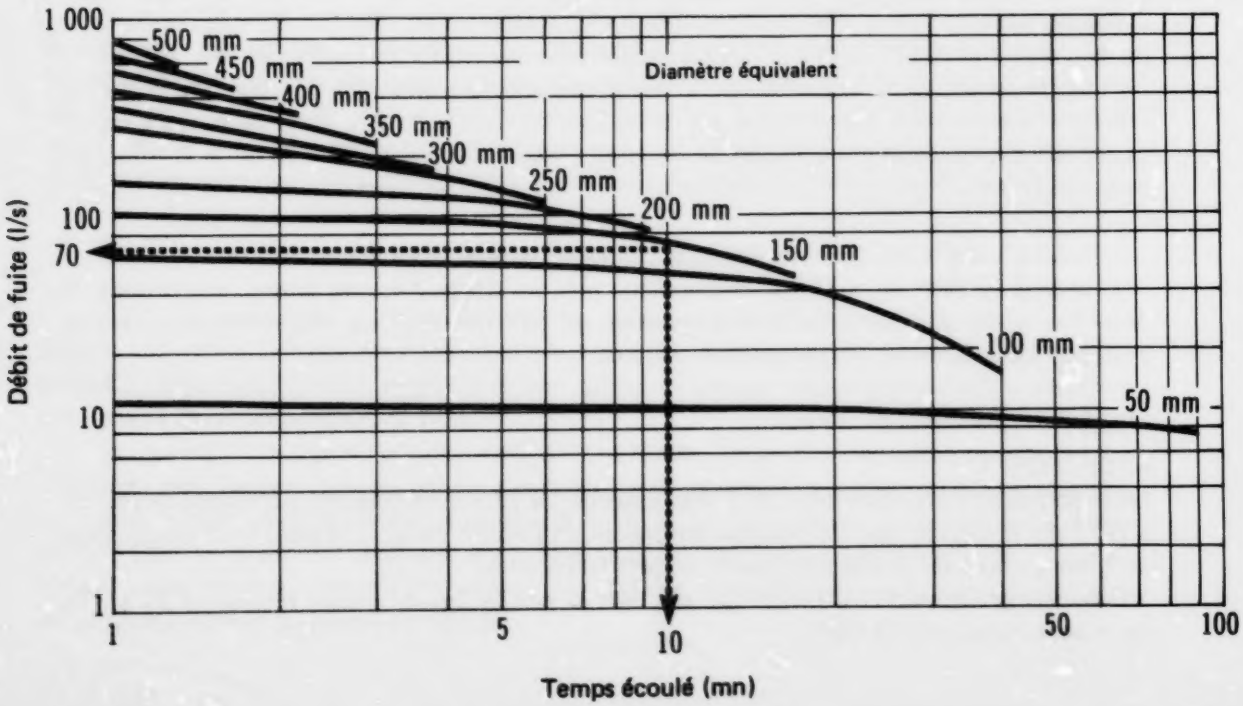


Figure 5

HYPOCHLORITE DE SODIUM

DÉBIT DE FUITE EN FONCTION DU TEMPS ÉCOULÉ



PROBLÈME B

À partir des données exposées en A, calculer le débit instantané après 10 minutes d'écoulement.
Solution (voir la figure 5): Si t = 10 mn et ϕ = 150 mm, le débit instantané q = 70 l/s.

5.3 Diffusion dans l'atmosphère

Comme les solutions d'hypochlorite de sodium ne sont pas volatiles dans les circonstances prévisibles de déversement, le danger de diffusion dans l'atmosphère est pratiquement inexistant.

5.4 Comportement dans l'eau

5.4.1 Introduction. – Les solutions d'hypochlorite de sodium se mélangent rapidement à l'eau si bien que le produit déversé se dilue. En général, le phénomène de mélange peut être décrit par les équations classiques de diffusion, comportant un ou plusieurs coefficients de diffusion. Dans les cours d'eau, le mélange est surtout le résultat d'un écoulement turbulent, alors que dans un plan d'eau (étendue d'eau calme), il s'effectue par diffusion moléculaire.

Pour évaluer la teneur en polluant de l'eau dans un cours d'eau, en aval du lieu où s'est produit un déversement, les auteurs ont utilisé un modèle de diffusion turbulente.

Le modèle utilisé est unidimensionnel; il établit un canal rectangulaire théorique et suppose une teneur uniforme en polluant dans le périmètre mouillé de toute la section. En pratique, une telle uniformité n'est possible qu'en des points situés assez loin en aval du lieu de déversement, là où les mécanismes de mélange et de dilution ont joué suffisamment pour produire une répartition égale du polluant à travers le canal. Le modèle s'applique aux cours d'eau dont le rapport largeur/profondeur est inférieur à 100. Il postule également un coefficient de rugosité de Manning de 0,03. (Pour plus de détails au sujet de ce modèle, voir le *Manuel d'introduction Enviroguide*.)

En ce qui a trait à la diffusion moléculaire dans un plan d'eau, aucun modèle n'a été élaboré. Les auteurs ont établi des nomogrammes permettant de délimiter la zone dangereuse et de calculer la teneur moyenne dans cette zone en fonction de la masse de liquide déversé, indépendamment du temps écoulé.

5.4.2 Nomogrammes de la diffusion du polluant dans l'eau. – Le lecteur trouvera ci-dessous la liste des nomogrammes servant à déterminer la teneur en polluant dans les cours d'eau non soumis aux marées et dans les plans d'eau.

A. – Cours d'eau non soumis aux marées

Figure 7 Distance en fonction du temps (pour une plage de vitesses moyennes d'écoulement)
Figure 8 Rayon hydraulique en fonction de la largeur du canal (pour une plage de profondeurs du canal [profondeur d'eau])
Figure 9 Coefficient de diffusion turbulente en fonction du rayon hydraulique (pour une plage de vitesses moyennes d'écoulement)
Figure 10 Alpha* en fonction du coefficient de diffusion turbulente (pour différentes valeurs de temps écoulé)
Figure 11 Delta* en fonction de alpha (pour une plage de masses de liquide déversées)
Figure 12 Teneur maximale en fonction de delta (pour une plage de sections mouillées de différentes surfaces)

* Alpha et delta ne sont que des facteurs de conversion: leur utilité est de faciliter le calcul des teneurs en aval du lieu de déversement.

B. – Lacs ou plans d'eau

Figure 13 Volume d'eau en fonction du rayon hydraulique de la zone dangereuse (pour une plage de profondeurs)

Figure 14 Teneur moyenne en fonction du volume d'eau de la zone dangereuse (pour une plage de masses déversées)

La figure 6 présente les étapes à suivre pour évaluer la teneur en un point en aval après un déversement et indique les nomogrammes à utiliser; ces derniers sont expliqués dans les paragraphes qui suivent.

5.4.2.1 Diffusion dans les cours d'eau non soumis aux marées

Figure 7 Distance en fonction du temps. – Le graphique montre les relations entre la vitesse moyenne de l'écoulement, le temps écoulé et la distance parcourue. Pour une vitesse moyenne de l'écoulement V donnée, le temps t que met le polluant pour atteindre un point situé à une distance x donnée, en aval du lieu du déversement, peut être obtenu rapidement à l'aide de ce graphique.

Figure 8 Rayon hydraulique en fonction de la largeur du canal. – Le modèle choisi pour évaluer la teneur en polluant en aval du lieu du déversement comporte un canal rectangulaire théorique de largeur L, ayant une hauteur d'eau h. Le rayon hydraulique r doit être connu pour calculer le coefficient de diffusion turbulente E. Le rayon hydraulique lui-même correspond au rapport de la surface de la section s mouillée (ou section de l'écoulement) au périmètre mouillé B. La figure 8 permet de déterminer le rayon hydraulique d'un canal à partir de la largeur de ce dernier et de la hauteur d'eau.

Figure 9 Coefficient de diffusion turbulente en fonction du rayon hydraulique. – Les données connues sur le rayon hydraulique r et sur la vitesse moyenne de l'écoulement V permettent de déterminer le coefficient de diffusion turbulente E.

Figure 10 Alpha en fonction du coefficient de diffusion turbulente. – Le nomogramme permet d'obtenir le facteur de conversion α ; ce dernier est fonction du coefficient de diffusion turbulente E et du temps t requis pour atteindre un point situé en aval du lieu du déversement.

Figure 11 Delta en fonction de alpha. – Un second facteur de conversion, delta Δ, est requis pour évaluer la teneur en polluant en un point donné. Delta est fonction d'alpha et de la masse de liquide déversé.

Figure 12 Teneur maximale en fonction de delta. – Il s'agit de la dernière étape dans la détermination de la teneur maximale en polluant en un point situé en aval du lieu du déversement. En se servant du facteur delta et connaissant la surface de la section mouillée s, le lecteur trouve rapidement la teneur. La valeur obtenue vaut pour les liquides miscibles à l'eau, de densité équivalente à celle de l'eau, et pour les solides solubles dans l'eau; elle variera quelque peu dans le cas de polluants dont la densité relative est supérieure ou inférieure à celle de l'eau.

5.4.2.2 Diffusion dans les lacs au repos et autres plans d'eau

Figure 13 Volume d'eau en fonction du rayon. – L'étendue d'eau calme (ni vent, ni courant) touchée par le déversement d'un liquide miscible (à l'eau), de densité équivalente à celle de l'eau, est représentée par un cylindre théorique de rayon r et de longueur égale à la hauteur d'eau h à l'endroit où le déversement s'est produit. Le volume d'eau peut être obtenu à l'aide de la figure 13. Le rayon r équivaut à la distance x entre le lieu du déversement et le point où la teneur est mesurée.

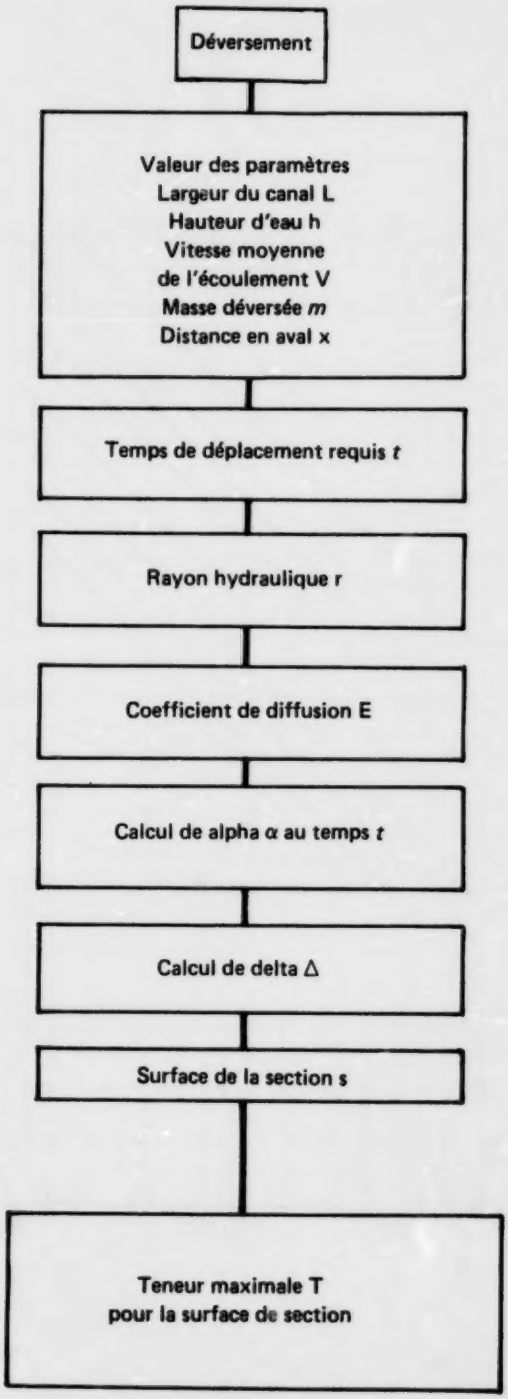
Figure 14 Teneur moyenne en fonction du volume d'eau. – Pour un volume d'eau connu du cylindre théorique, le nomogramme permet d'établir une teneur moyenne en polluant selon

(Suite à la p. 30)

Figure 6

HYPOCHLORITE DE SODIUM

ÉTAPES À SUIVRE POUR CALCULER LA TENEUR EN POLLUANT DANS UN COURS D'EAU NON SOUMIS AUX MARÉES



Étape 1 Par observation ou évaluation

L = _____ m

h = _____ m

V = _____ m/s

m = _____ tonnes

x = _____ m

Étape 2 *t* = _____ mn (fig. 7)

Étape 3 r = _____ m (fig. 8)

Étape 4 E = _____ m^2/s (fig. 9)

Étape 5 α = _____ (fig. 10)

Étape 6 Δ = _____ (fig. 11)

Étape 7 s = L x h = _____ m^2

Étape 8 T = _____ ppm (fig. 12)

Figure 7

HYPOCHLORITE DE SODIUM — **DISTANCE EN FONCTION DU TEMPS**

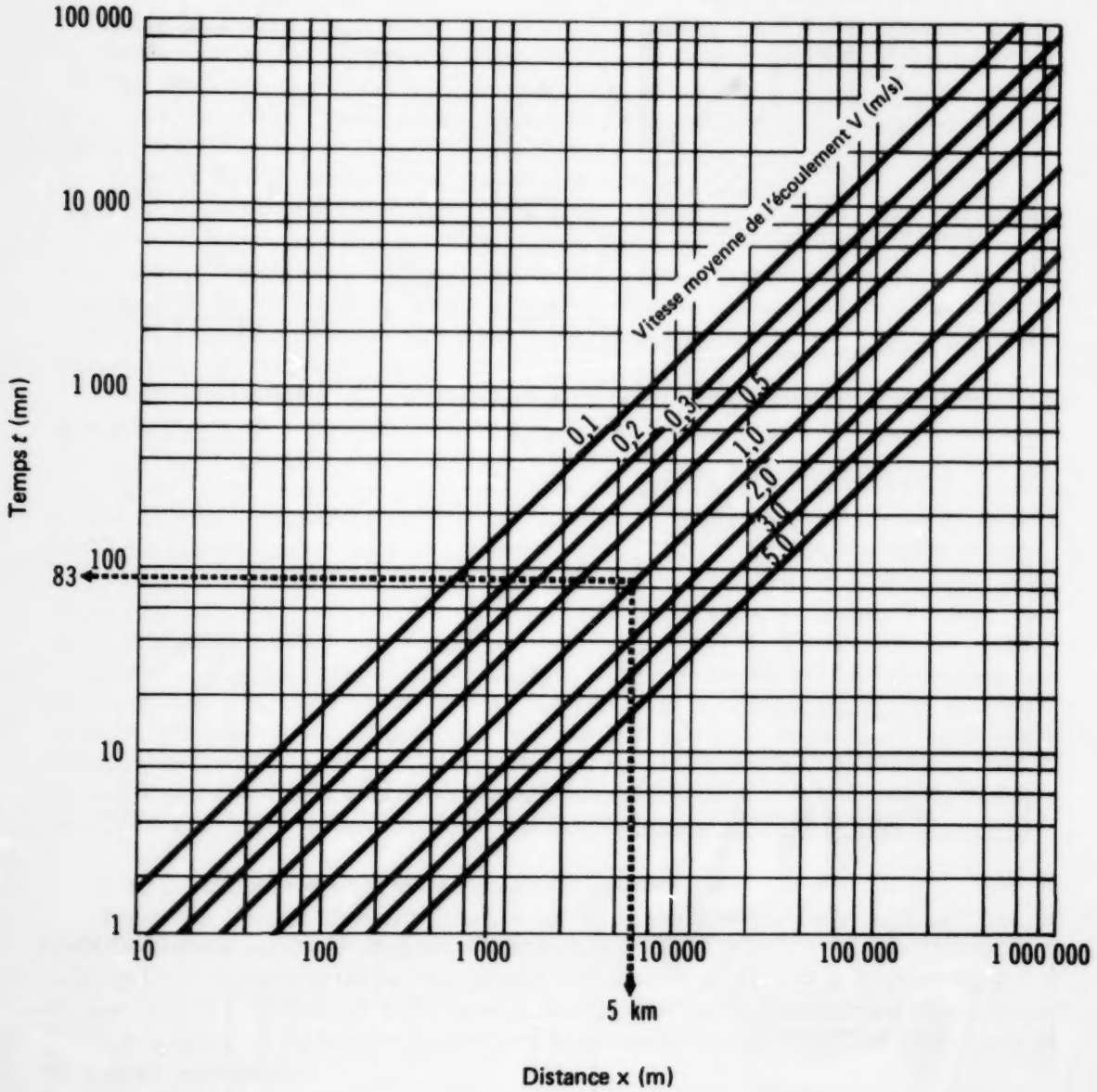


Figure 8

HYPOCHLORITE DE SODIUM

RAYON HYDRAULIQUE EN FONCTION DE LA LARGEUR DU CANAL

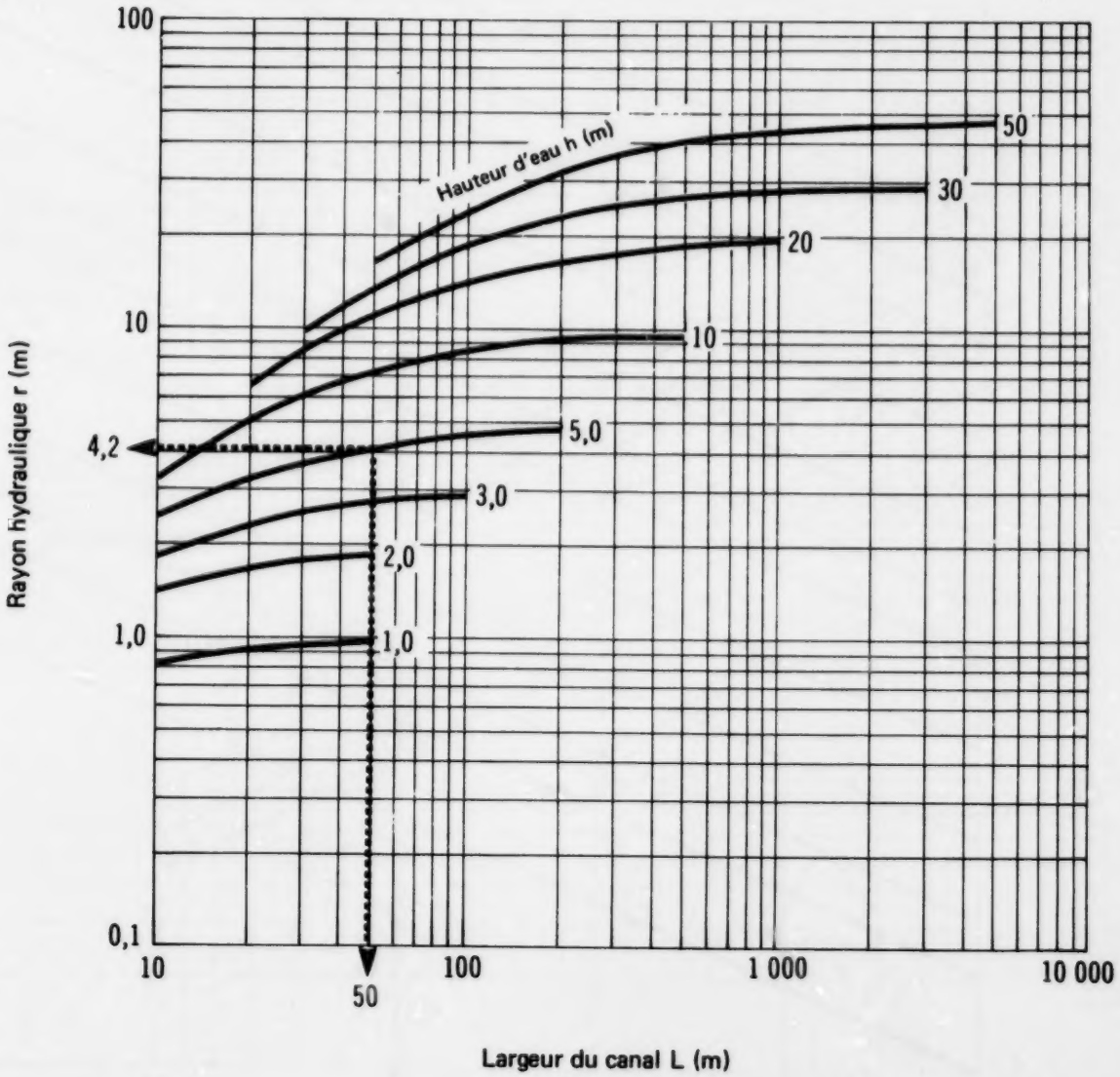


Figure 9

HYPOCHLORITE DE SODIUM

COEFFICIENT DE DIFFUSION TURBULENTE EN FONCTION DU RAYON HYDRAULIQUE

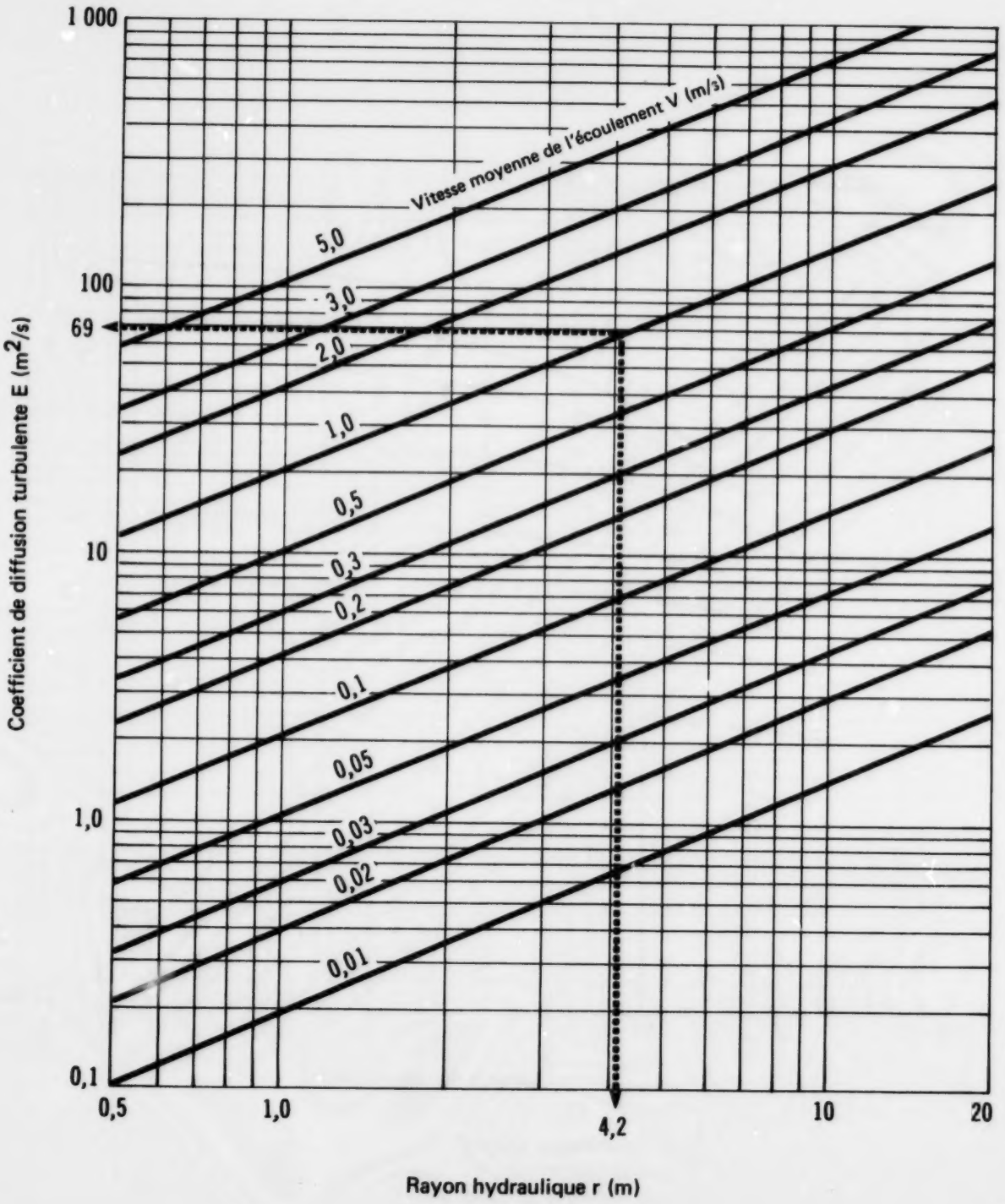


Figure 10

HYPOCHLORITE DE SODIUM

ALPHA
EN FONCTION DU COEFFICIENT DE DIFFUSION TURBULENTE

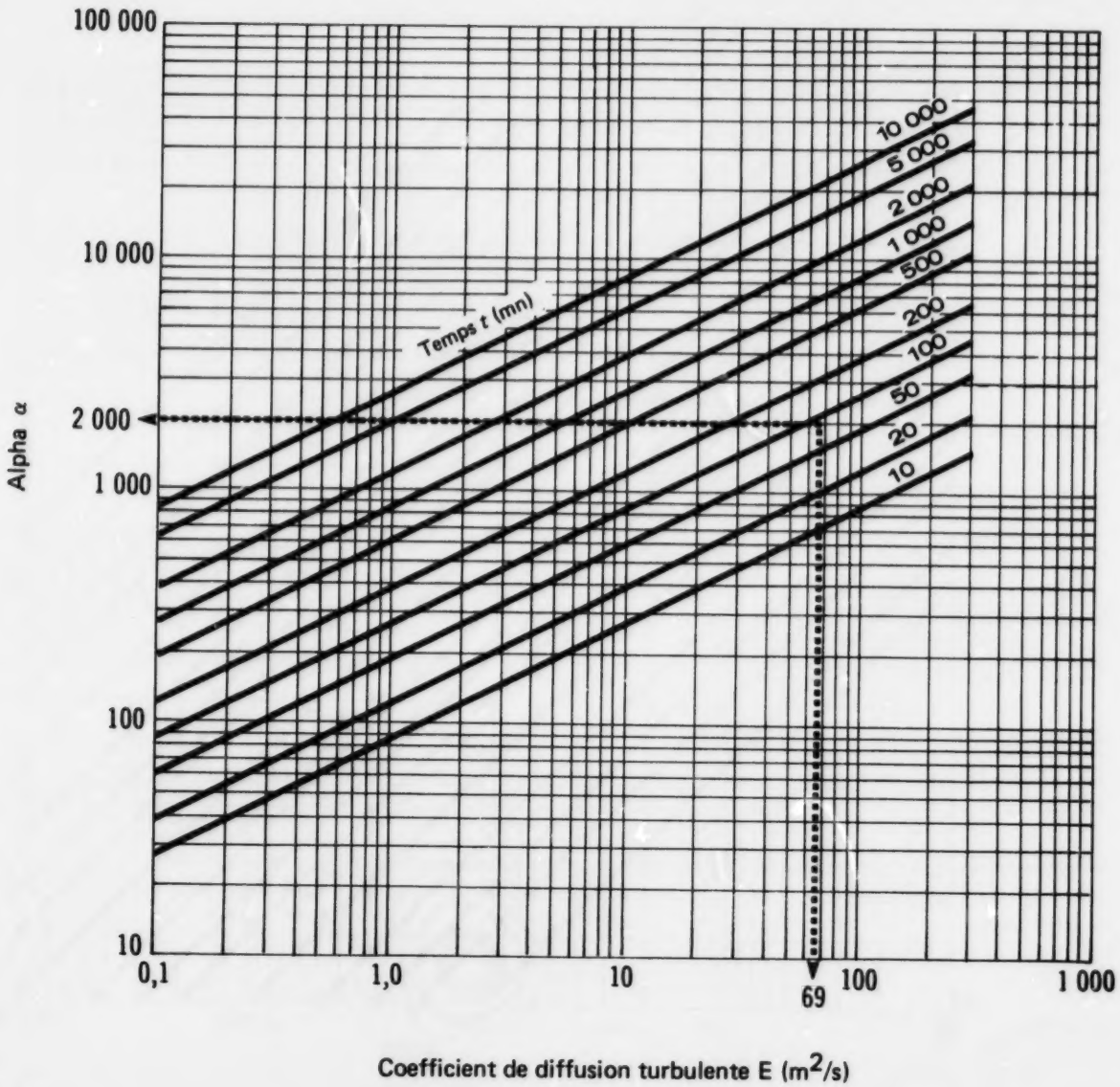


Figure 11

HYPOCHLORITE DE SODIUM

DELTA
EN FONCTION DE ALPHA

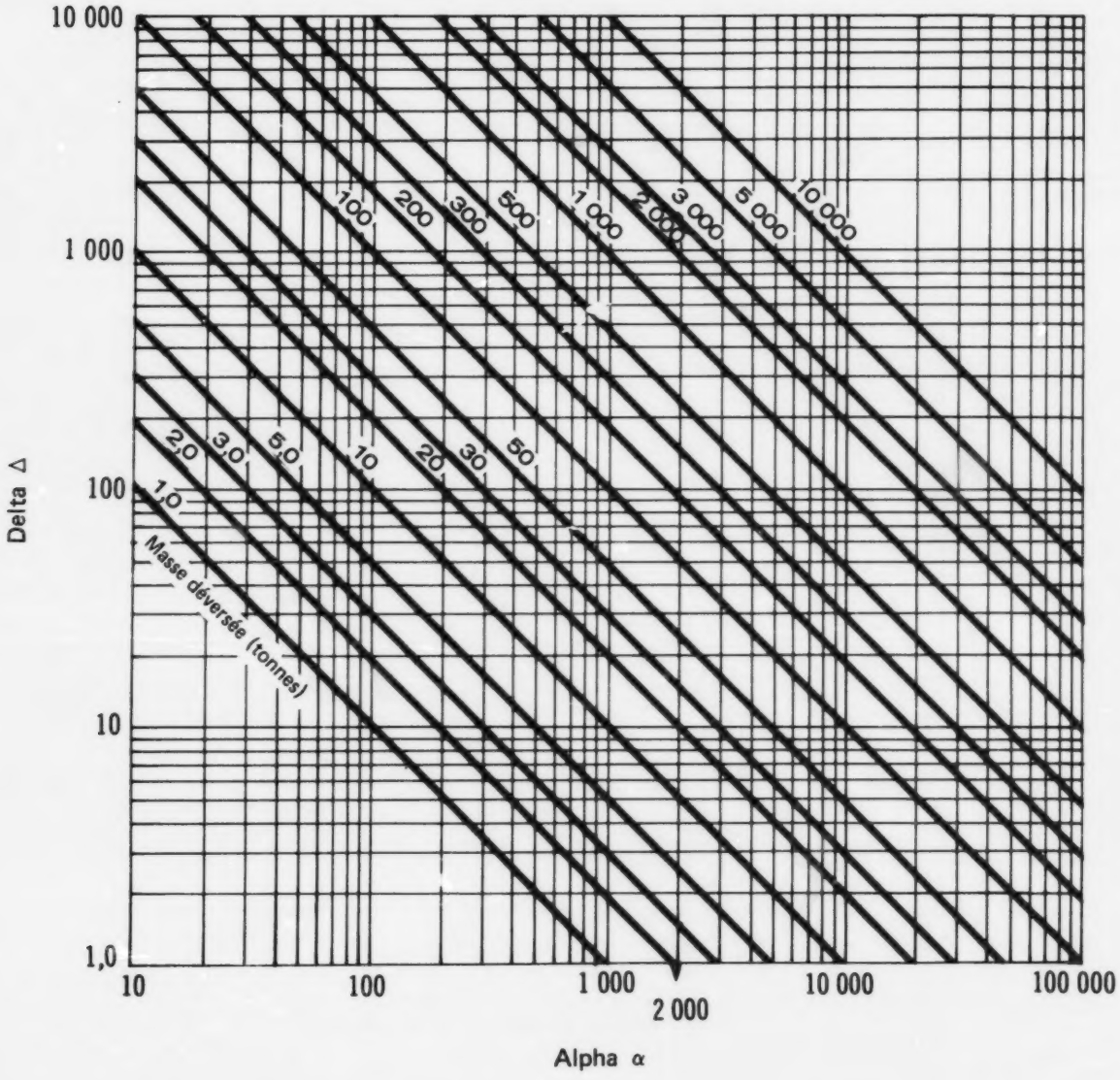


Figure 12

HYPOCHLORITE DE SODIUM

TENEUR MAXIMALE EN FONCTION DE DELTA

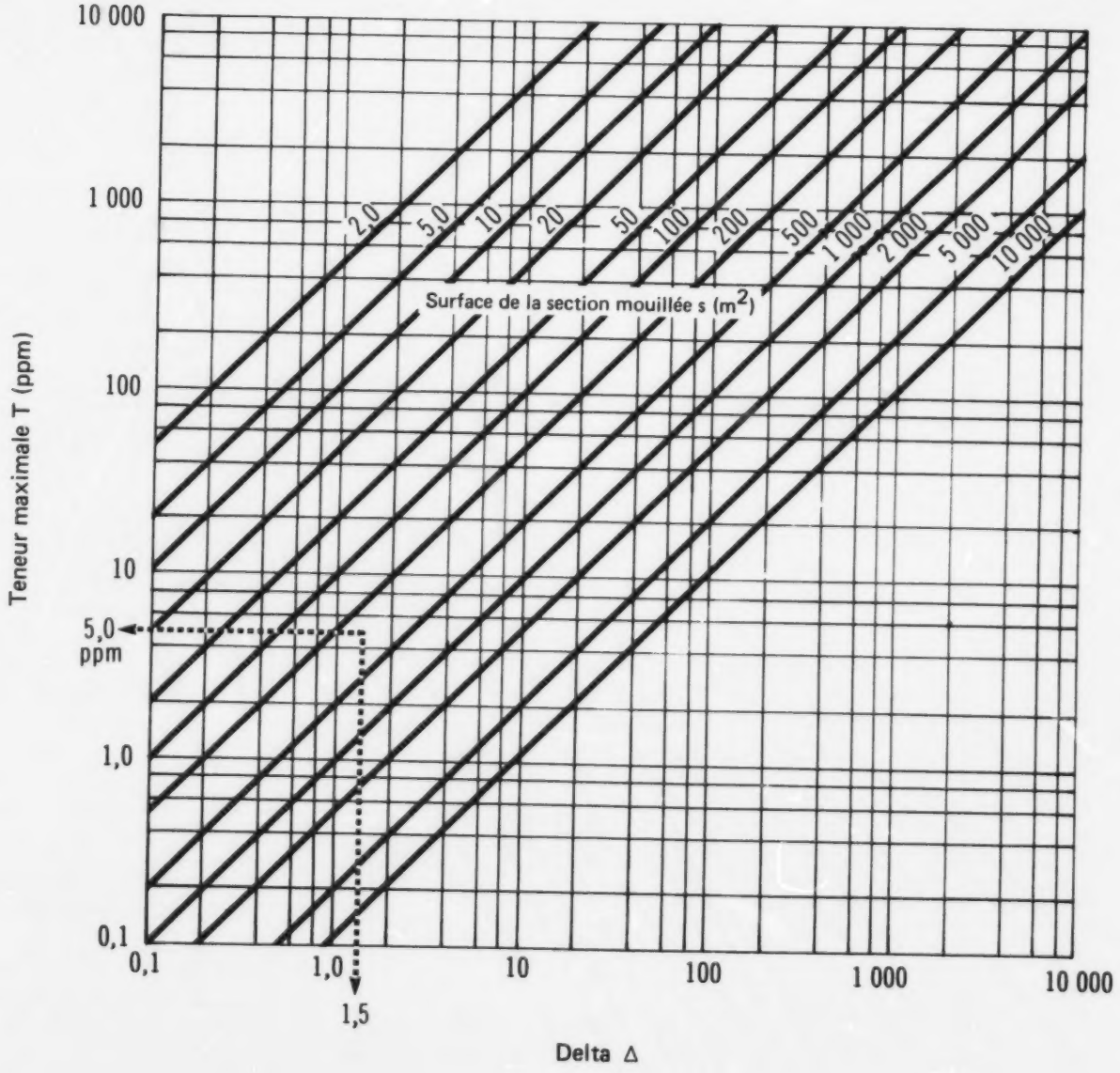


Figure 13

HYPOCHLORITE DE SODIUM

VOLUME D'EAU EN FONCTION DU RAYON HYDRAULIQUE DE LA ZONE DANGEREUSE

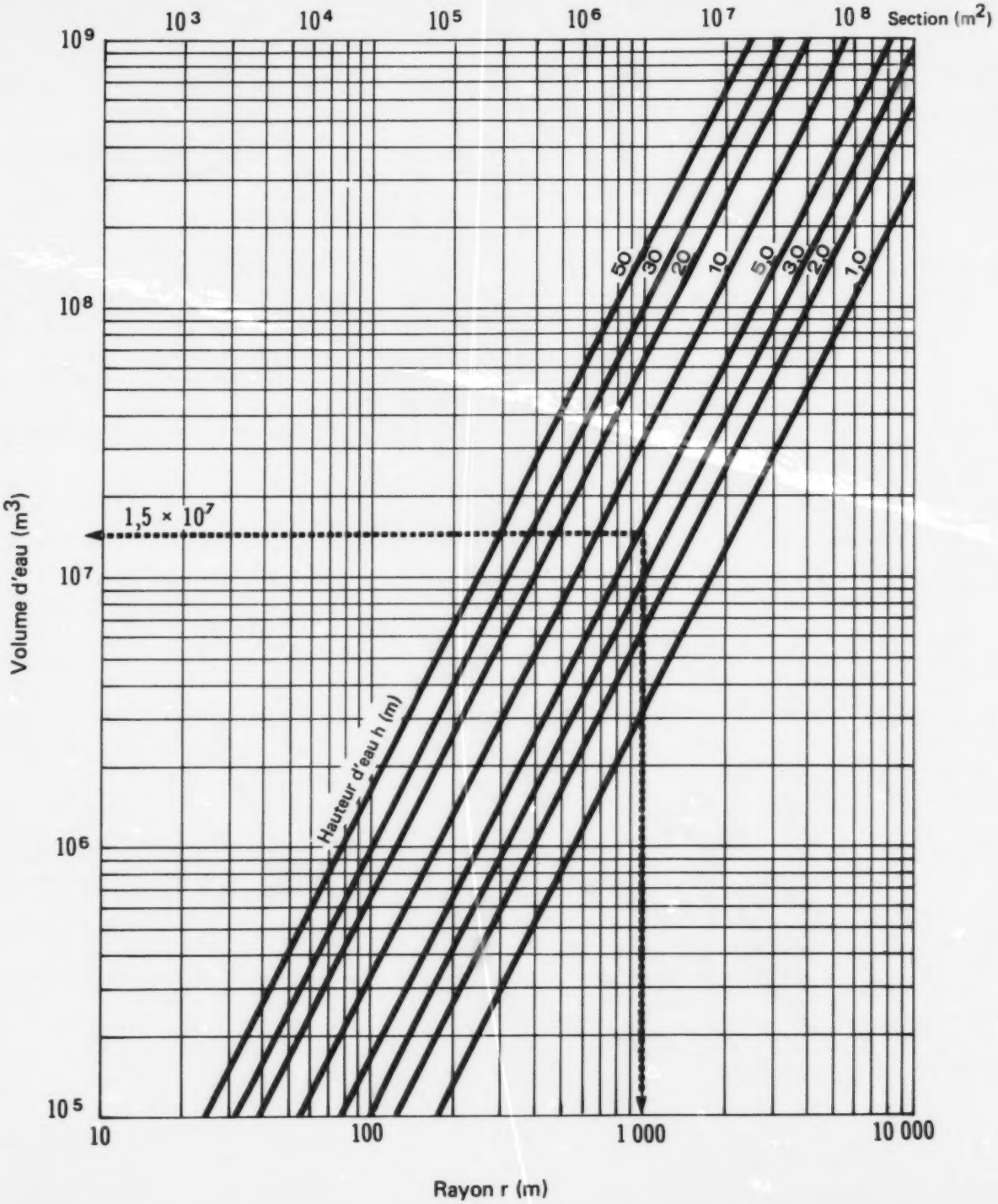
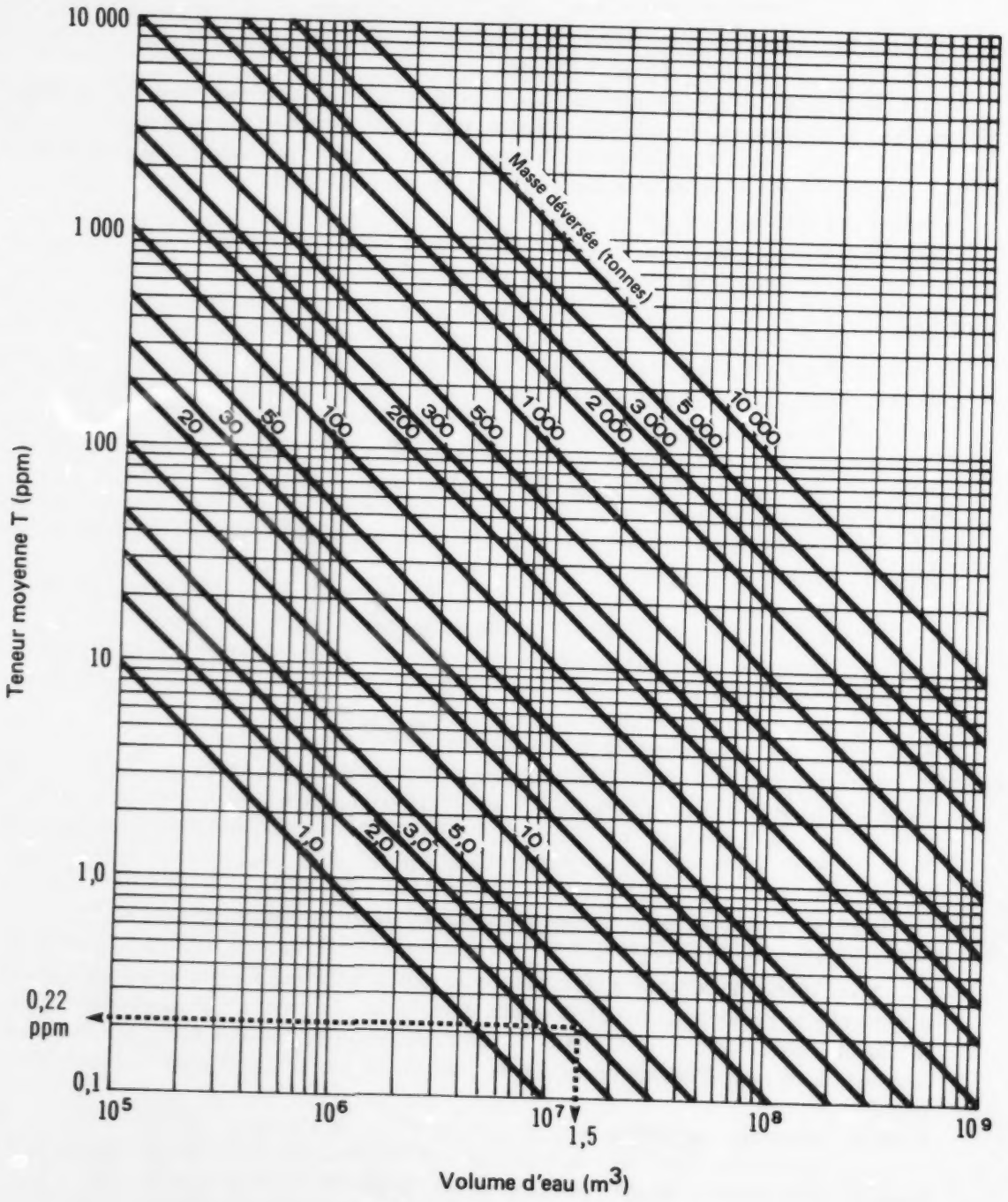


Figure 14

HYPOCHLORITE DE SODIUM

TENEUR MOYENNE
EN FONCTION DU VOLUME D'EAU DE LA ZONE DANGEREUSE



la masse de liquide déversé. Il est pris pour acquis que la diffusion du polluant est uniforme dans le cylindre. En pratique, dans le cas de substances dont la densité relative est supérieure ou inférieure à celle de l'eau, la teneur réelle près du fond sera plus forte ou plus faible.

5.4.3 Exemples de calcul

5.4.3.1 Teneur en polluant dans un cours d'eau non soumis aux marées

DONNÉES DU PROBLÈME

Vingt tonnes d'hypochlorite de sodium à 15 p. 100, correspondant à 3 tonnes d'hypochlorite de sodium, ont été déversées dans un cours d'eau. La hauteur d'eau h est de 5 m et la largeur L, de 50 m. La vitesse moyenne d'écoulement est évaluée à 1 m/s. Quelle est la teneur maximale prévisible en un point situé à 5 km en aval, près d'une prise d'eau?

ÉTAPES DU CALCUL

Étape 1 Déterminer les paramètres.
L = 50 m; h = 5 m; V = 1 m/s; masse déversée = 30 tonnes; x = 5000 m.

Étape 2 Déterminer le temps requis pour que le polluant atteigne le point qui nous intéresse.
Utiliser la figure 7
Étant donné que x = 5000 et u = 1 m/s, t = 83 mn.

Étape 3 Déterminer le rayon hydraulique r.
Utiliser la figure 8
Comme L = 50 m et h = 5 m, r = 4,2 m.

Étape 4 Déterminer le coefficient de diffusion turbulente E.
Utiliser la figure 9
Comme r = 4,2 m et u = 1 m/s, E = 69 m^2/s.

Étape 5 Déterminer alpha α.
Utiliser la figure 10
Comme E = 69 m^2/s et t = 83 mn, α = 2000.

Étape 6 Déterminer delta Δ .
Utiliser la figure 11
Comme alpha α = 2000 et la masse déversée = 3 tonnes, delta Δ = 1,5.

Étape 7 Calculer la surface de la section mouillée s.
s = L x h = 50 x 5 = 250 m^2.

Étape 8 Déterminer la teneur maximale T au point qui nous intéresse.
Utiliser la figure 12
Comme Δ = 1,5 et s = 250 m^2, T = 5 ppm.

5.4.3.2 Teneur en polluant dans les lacs au repos ou autres plans d'eau

DONNÉES DU PROBLÈME

Vingt tonnes de solution d'hypochlorite de sodium à 15 p. 100, correspondant à 3 tonnes d'hypochlorite de sodium ont été déversées dans un lac. Le point qui nous intéresse se trouve le long de la rive, à environ 1000 mètres du lieu de déversement. Entre ce lieu et le point qui nous intéresse, la hauteur d'eau moyenne est de 5 m. Quelle est la teneur moyenne prévisible à ce point?

Étape 1 Déterminer les paramètres.
h = 5 m; r = 1000 m; masse déversée = 3 tonnes.

Étape 2 Déterminer le volume d'eau assurant la diffusion.
Utiliser la figure 13
Comme r = 1000 m et h = 5 m, vol. = 1,5 x 10^7 m^3 environ.

Étape 3 Déterminer la teneur moyenne.
Utiliser la figure 14
Comme vol. = 1,5 x 10^7 m^3 et la masse déversée = 3 tonnes, la teneur moyenne est de 0,22 ppm.

5.5 Comportement dans le sol de surface et dans le sous-sol

5.5.1 Introduction. – Les lois de la migration des fluides dans le sol, ainsi que leur application dans le cadre de la collection «Enviroguide», sont exposées dans le *Manuel d'introduction Enviroguide*. Les éléments dont il faut tenir compte dans le cas du déversement et de la migration d'hypochlorite de sodium sont présentés dans les paragraphes qui suivent.

Répandu sur le sol, l'hypochlorite de sodium se décompose en partie et le reste du liquide pénètre dans le sol. L'hypochlorite de sodium en solution étant miscible à l'eau, sa vitesse de migration dans le sol sera influencée par la teneur du sol en eau au moment du déversement et toute eau pouvant tomber sur le sol avant que le nettoyage ne soit effectué (précipitations, eau d'arrosage, etc.). La dilution du produit résultant de son mélange avec l'eau influence plutôt la viscosité du produit que sa masse volumique si bien que le produit pénétrera dans le sol à la même vitesse que l'eau. Si le sol de surface est saturé d'eau au moment où se produit le déversement, comme cela peut être le cas à la suite de précipitations, le produit ruissellera vers les zones avoisinantes.

Dans le cas qui nous concerne, les auteurs ont attribué au sol une capacité normale d'humidité, dite capacité au champ (quantité d'eau maximale que le sol peut contenir après que l'excédent en eau soit drainé). Le sol recèle alors très peu d'eau interstitielle susceptible de diluer le produit au cours de sa migration ou de freiner son mouvement descendant, situation qui correspond au pire scénario.

Arrivé à la nappe phréatique, le polluant poursuit sa migration dans le sens de l'écoulement des eaux souterraines. Il formera une poche de solution polluée dont la teneur sera en quelque sorte diminuée par les phénomènes de diffusion et de dispersion (voir la figure 15).

5.5.2 Migration du polluant dans un sol à capacité au champ. – Les équations et les postulats utilisés pour déterminer la migration du polluant dans la zone non saturée, jusqu'à la nappe phréatique, sont présentés dans le *Manuel d'introduction Enviroguide*. Les vitesses de migration font intervenir la loi de Darcy, en posant comme hypothèse la formation d'une colonne saturée en solution polluée, par suite d'un écoulement en bloc (ou écoulement piston).

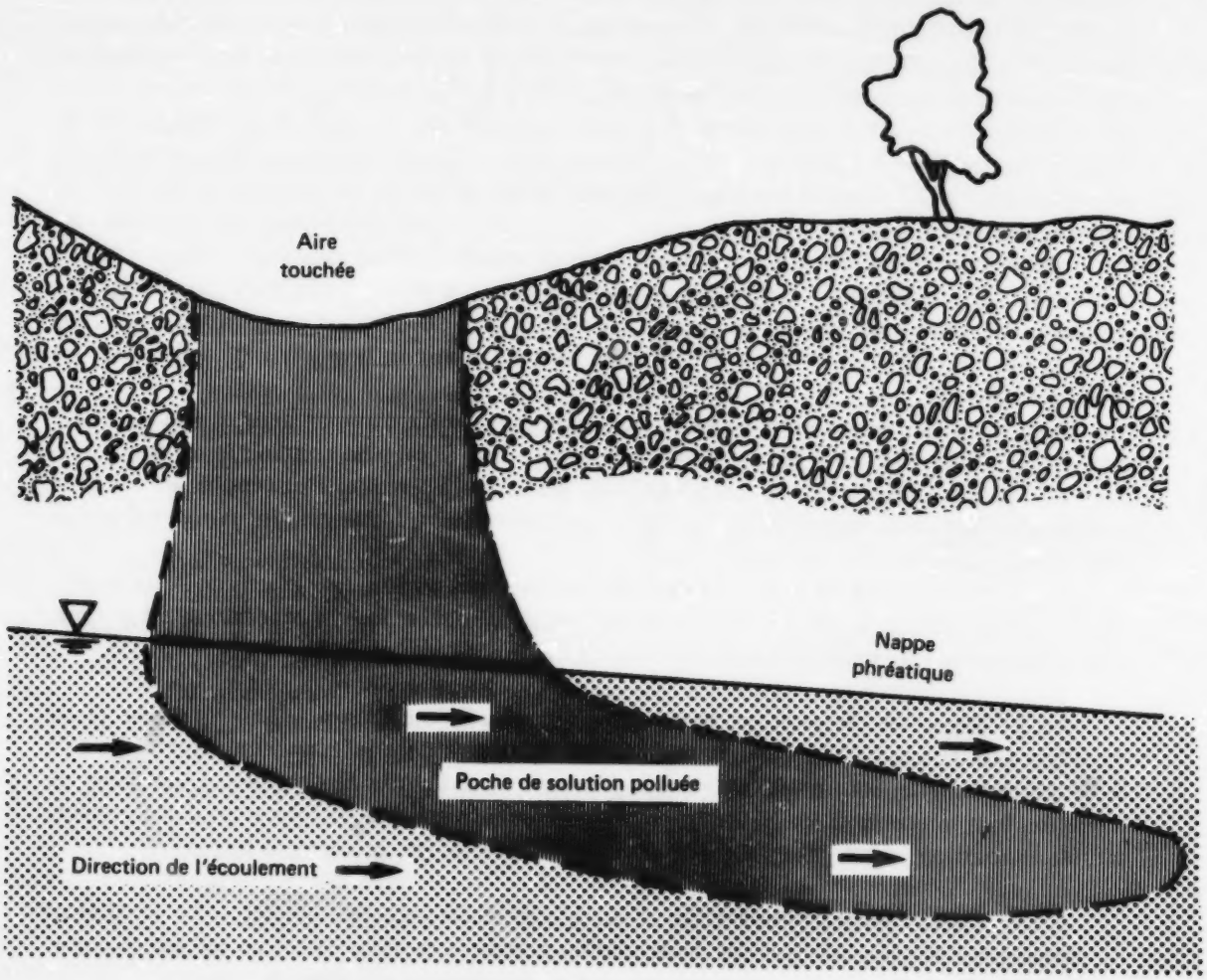
5.5.3 Coefficient de perméabilité d'un sol saturé vis-à-vis du polluant. – Le coefficient de perméabilité K_0 (ou conductivité hydraulique) mesure la perméabilité d'un sol saturé donné vis-à-vis d'un fluide donné. K_0, qui s'exprime en m/s, est donné par la formule suivante:

$$K_0 = \frac{(\rho g)k}{\mu}$$

où k = perméabilité intrinsèque du sol (m^2)
ρ = masse volumique du fluide (kg/m^3)
μ = viscosité absolue du fluide (Pa . s)
g = accélération de la pesanteur = 9,81 m/s^2

Figure 15

HYPOCHLORITE DE SODIUM — MIGRATION DANS LE SOUS-SOL



Sol: sable grossier non saturé.
Porosité = 0,35; Perméabilité intrinsèque = 10^{-9} m^2; Capacité au champ = 0,075.

Dans le cas présent, les fluides possibles sont des solutions plus ou moins diluées d'hypochlorite de sodium et l'eau. Faute de données sur la viscosité des solutions d'hypochlorite de sodium, nous ne présentons que les valeurs établies pour l'eau; elles sont valables pour les solutions d'hypochlorite de sodium.

Valeurs établies pour les fluides

Propriété	Eau	
	4 °C	20 °C
Masse volumique ρ (kg/m^3)	1000	998
Viscosité absolue μ (Pa . s)	$1{,}57 \times 10^{-3}$	$1{,}0 \times 10^{-3}$
Coefficient de perméabilité en sol saturé K_0 (m/s)	$(0{,}63 \times 10^{7})k$	$(0{,}98 \times 10^{7})k$

5.5.4 **Types de sol.** – Le *Manuel d'introduction Enviroguide* décrit les trois types de sol retenus pour les besoins de la présente section. Le tableau ci-dessous indique les propriétés qui nous intéressent.

Valeurs établies pour les fluides

Propriété	Types de sol		
	Sable grossier	Sable limoneux	Till argileux
Porosité (m^3/m^3)	0,35	0,45	0,55
Perméabilité intrinsèque (m^2)	10^{-9}	10^{-12}	10^{-15}
Capacité au champ (m^3/m^3)	0,075	0,3	0,45

5.5.5 **Nomogrammes de la migration.** – Un nomogramme de la migration de l'hypochlorite de sodium dans la zone non saturée (au-dessus de la surface de saturation) a été préparé pour chaque type de sol mentionné. La hauteur de migration, c.-à-d. la profondeur atteinte par le polluant, est donnée en fonction du temps de migration. Vu les méthodes utilisées et les hypothèses posées, la profondeur atteinte par le fluide après un temps donné doit être considérée comme maximale. Le lecteur trouvera à la figure 16 le plan d'utilisation des nomogrammes présentés aux figures 17, 18 et 19. La droite représentant la profondeur atteinte par l'eau correspond à la hauteur (ou profondeur) maximale d'infiltration de l'eau à une température de 20 °C, pour un temps donné. Elle correspond à une condition limite étant donné que l'hypochlorite de sodium est dilué au contact de l'eau.

5.5.6 **Exemple de calcul.** – Vingt tonnes d'une solution diluée d'hypochlorite de sodium ont été déversées sur un sol constitué de sable limoneux. Le rayon de l'aire polluée est de 8,6 m et la température, de 20 °C. Calculer la profondeur atteinte par le polluant 6 jours après le déversement.

Figure 16

HYPOCHLORITE DE SODIUM — **PLAN D'UTILISATION DES NOMOGRAMMES**

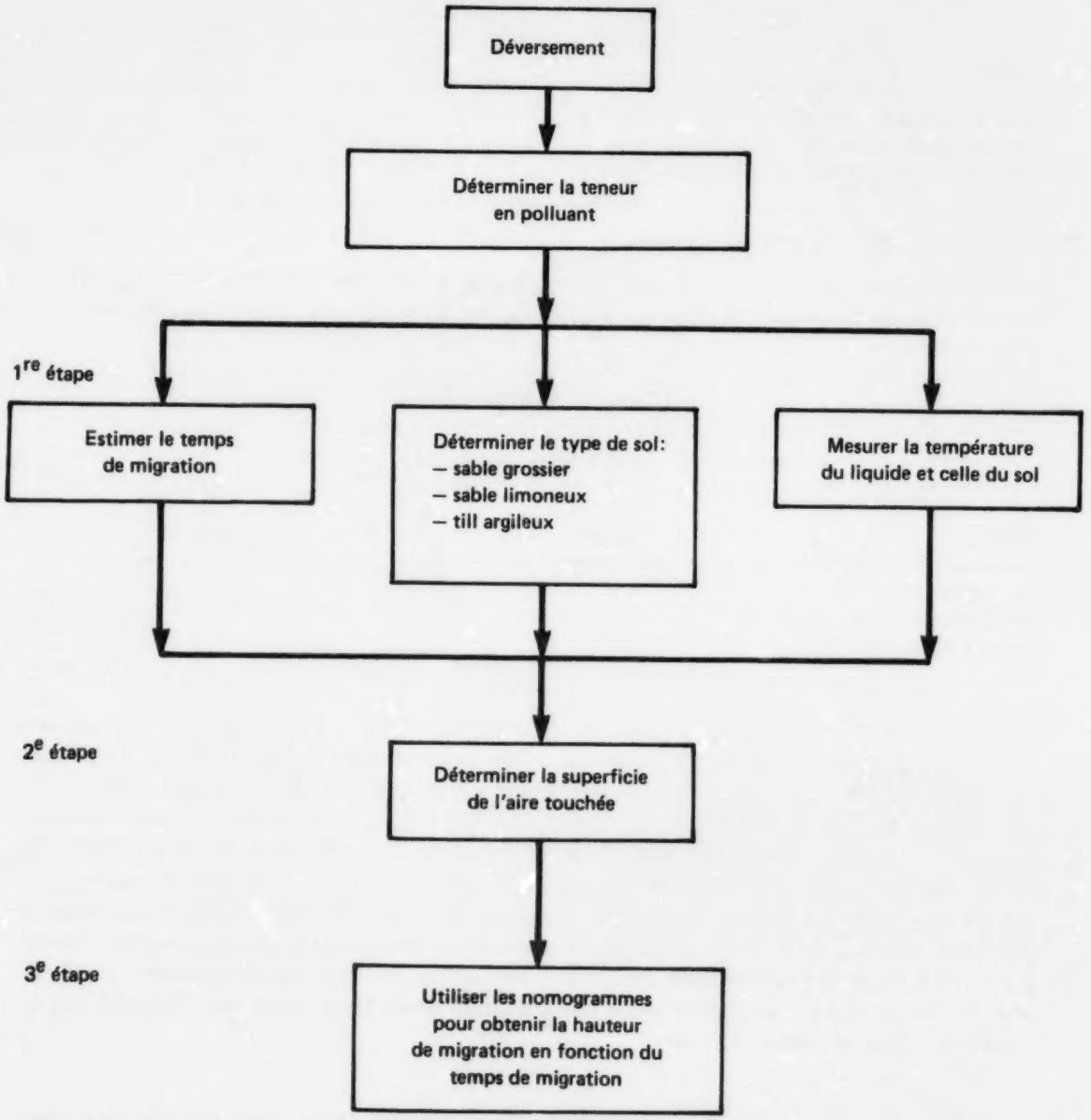


Figure 17

HYPOCHLORITE DE SODIUM — **MIGRATION DANS DU SABLE GROSSIER**

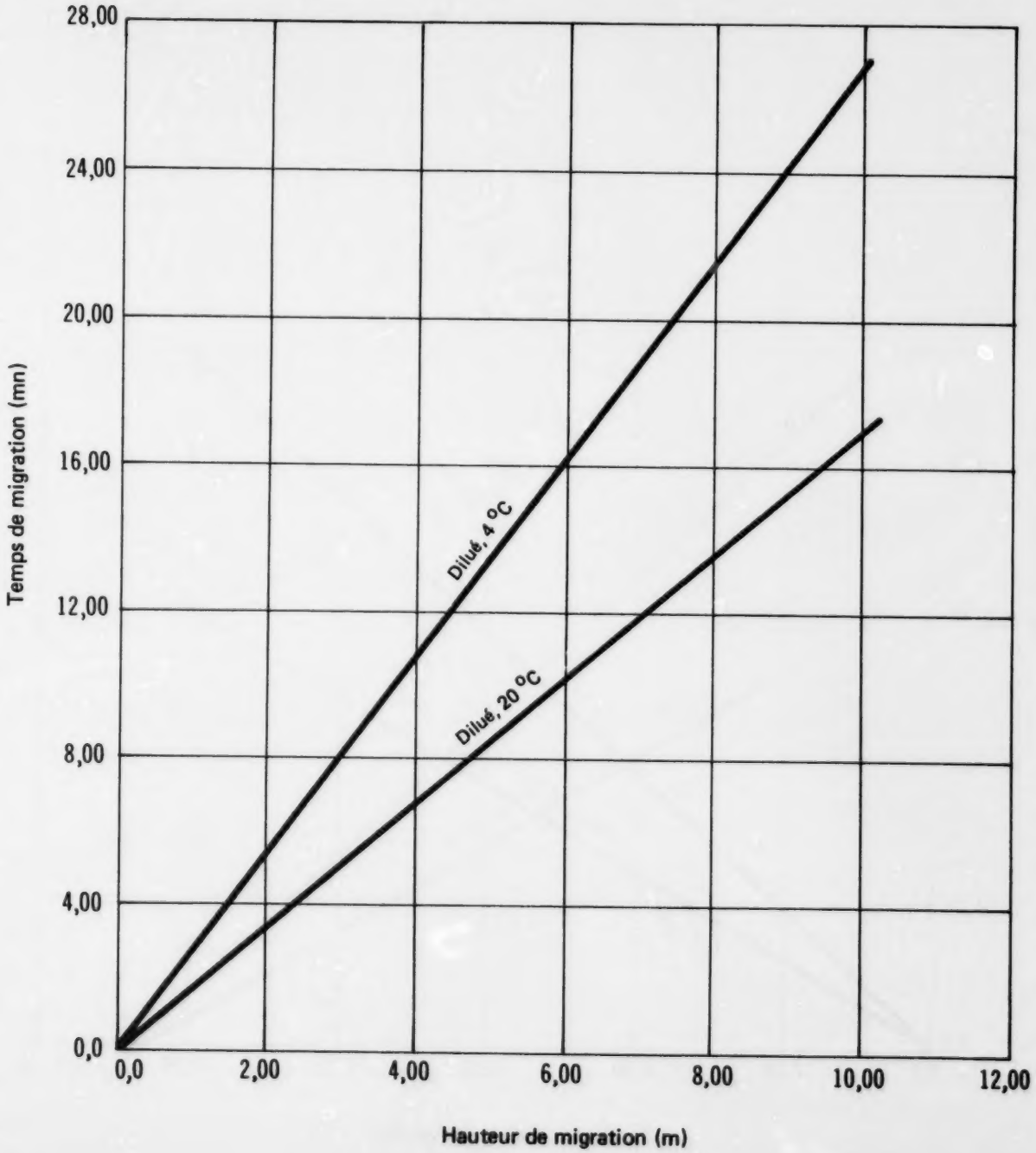


Figure 18

HYPOCHLORITE DE SODIUM — **MIGRATION DANS DU SABLE LIMONEUX**

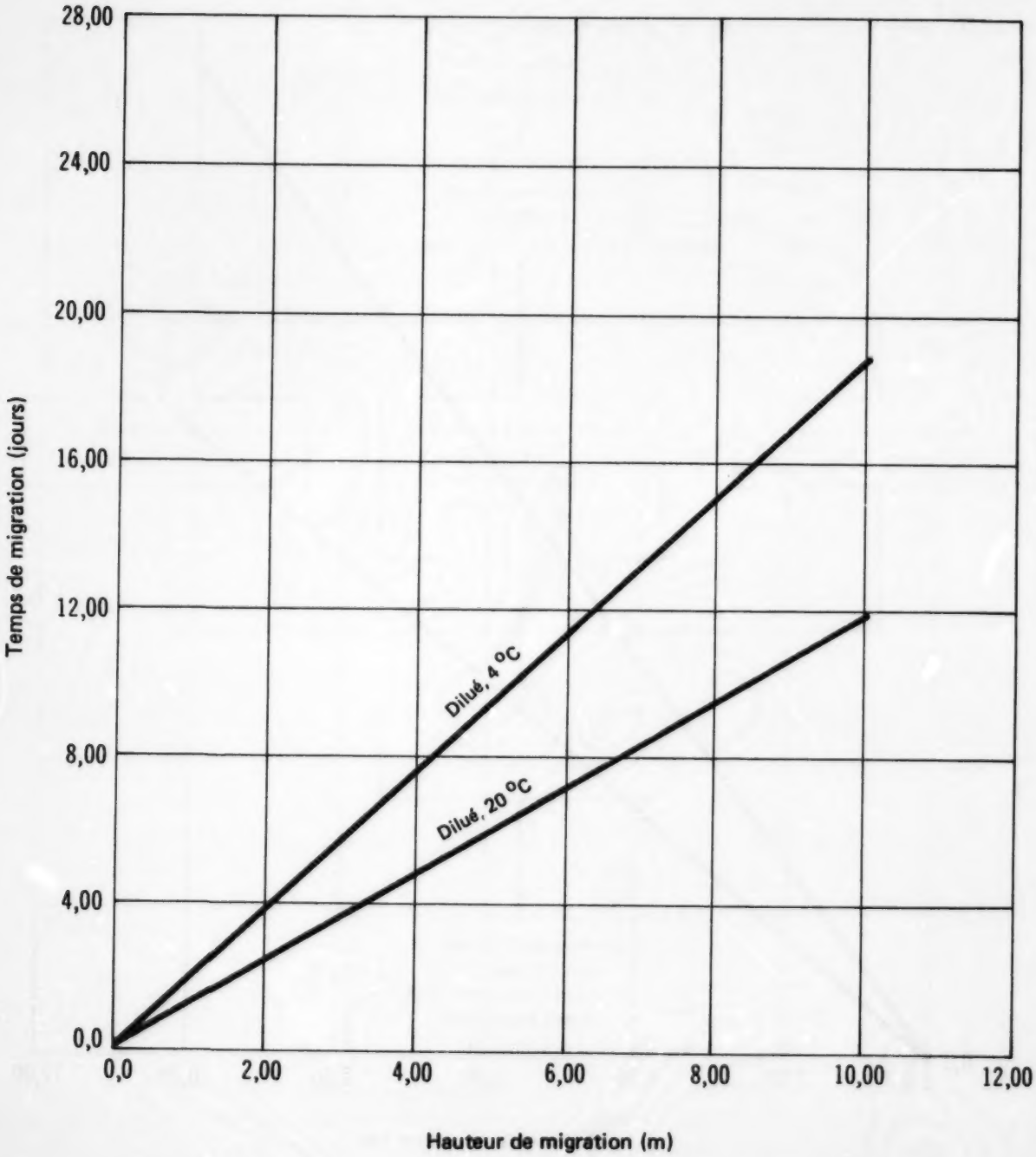
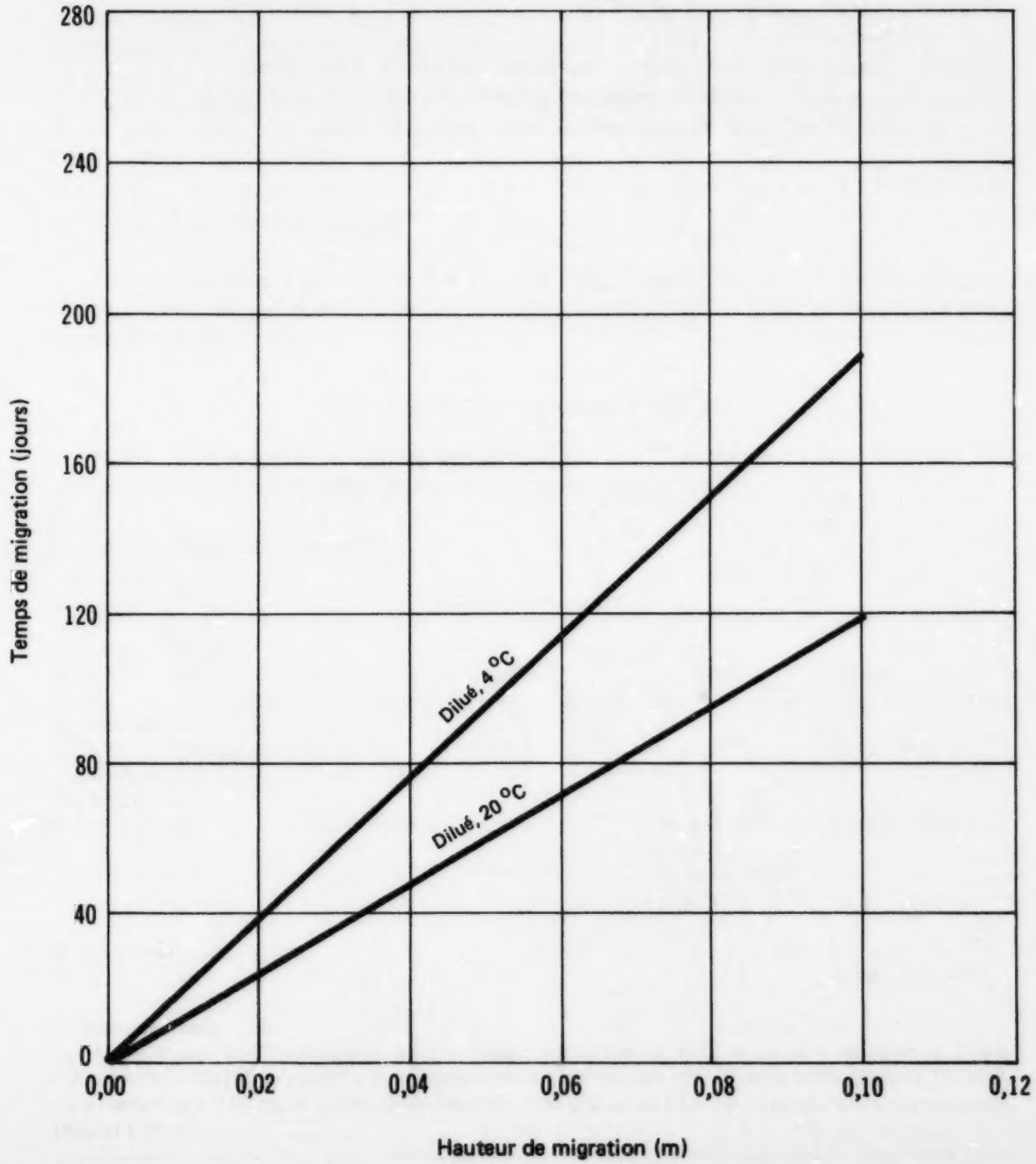


Figure 19

HYPOCHLORITE DE SODIUM — **MIGRATION DANS DU TILL ARGILEUX**



Étape 1 Déterminer la valeur des paramètres
Masse de liquide déversé = 20 000 kg (20 tonnes)
Température = 20 °C
Rayon = 8,6 m
Type de sol = sable grossier
Profondeur de la surface de saturation = 13 m
Temps écoulé depuis le moment du déversement = 8 j.

Étape 2 Calculer la surface de sol polluée
Surface = πr^2 = 232 m^2

Étape 3 Évaluer la profondeur atteinte par le polluant après le temps donné.
Dans le cas du sable limoneux, après 8 jours, la profondeur est de 8,8 m.
Le polluant n'a donc pas encore atteint la nappe phréatique.

6 PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT

6.1 Limites maximales admissibles

6.1.1 Qualité de l'eau

6.1.1.1 Situation au Canada. – La teneur de l'eau potable en hypochlorite de sodium n'est pas réglementée; par contre, il existe des normes pour le chlore. En Ontario, l'objectif pour le chlore est de 2 µg/l (*Water Management Goals*, 1978).

6.1.1.2 Situation aux États-Unis. – L'EPA propose une teneur moyenne maximum de 3 µg/l pour protéger les espèces dulçaquicoles, avec des pointes de 50 µg/l une fois par jour (WQC, 1972). Plusieurs États ont émis des directives et les teneurs s'échelonnent généralement comme suit: protection des espèces aquatiques – 2 à 5 µg/l; milieu aquatique: 2 à 10 µg/l et eau des réseaux de distribution: 2 à 5 µg/l (API, 1980).

6.1.2 Qualité de l'air. – Aucune limite n'est fixée. À noter toutefois que les hypochlorites peuvent libérer du chlore dont la teneur est limitée à 300 µg/m^3 en Ontario (*Ontario Environmental Protection Act*, 1971).

6.2 Toxicité pour les espèces aquatiques

6.2.1 Évaluation de la toxicité aux États-Unis. – La TLm 96 établie pour le chlore, soit moins de 1 ppm, s'applique à l'hypochlorite de sodium (RTECS, 1979).

6.2.2 Mesure de la toxicité

Données sur la toxicité

Teneur (mg/l)	Durée (h)	Espèce	Résultat	Conditions	Source
A. Poissons					
0,5 (hypochlorite de calcium)	Non précisé	Truite	Létal	–	WQC, 1963
5,9 à 8,0	96	Tête-de-boule	TL 50	Essai en conditions statiques; pH 7,2 à 7,9; dureté 40 à 48; 20 °C	JWPCF, 1982
B. Invertébrés					
52	96	Crevette	TL 50		OHM-TADS, 1981

C. Microorganismes

Les hypochlorites sont fréquemment utilisés comme bactéricide; ils sont nocifs pour les algues à 2 ppm (EPA 440/9-75-009). Pour pallier à tout risque d'effets nuisibles, une étude fixe la teneur limite à 0,1 mg/l; on a constaté que 0,02 mg de chlore résiduel par litre d'eau inhibait de 50 p. 100 la croissance du phytoplancton (Magazzu, 1976).

6.3 Études sur les effets toxiques

Si l'on considère que l'hypochlorite de sodium peut libérer du chlore, des effets toxiques peuvent se manifester à des teneurs en chlore aussi faibles que 0,03 ppm, dans l'eau. L'action batéricide nuira aux processus biologiques dans les eaux réceptrices (EPA 440/9-75-009).

6.4 Dégradation du polluant

L'hypochlorite de sodium étant un oxydant, ce produit n'a ni DBO ni DCO. Il se transforme graduellement en sel et oxygène ou plus probablement encore, se dégrade au contact du sol ou de la matière organique véhiculée dans les eaux. À l'instar du chlore, il peut nuire aux organismes qui participent à l'épuration des eaux usées (OHM-TADS, 1981).

6.5 Devenir et effets à long terme

L'hypochlorite de sodium ne persiste pas dans l'environnement et ne présente aucun danger de bio-accumulation ni de contamination de la chaîne alimentaire (OHM-TADS, 1981).

7 PROTECTION DE LA SANTÉ

On en sait très peu sur la toxicité de l'hypochlorite de sodium. Dans les publications, on n'a trouvé aucune norme concernant l'exposition à cette substance ni étude toxicologique. La plus grande partie des données porte sur l'exposition et l'ingestion d'hypochlorite dans un contexte domestique. Aucune donnée n'a été trouvée sur les effets tératogènes ou cancérogènes de l'exposition à ce composé, mais on a trouvé un rapport sur un essai de mutagénicité. Le composé ne figure pas dans l'inventaire de la TSCA dressé par l'EPA. Les données toxicologiques résumées ci-dessous ont été tirées de sources fiables.

Il est à noter que les solutions d'hypochlorite de sodium libèrent du chlore. Le phénomène est plus intense lorsque la température augmente ou en présence d'un acide. La toxicité consécutive à l'inhalation se rapporte au chlore; l'hypochlorite de sodium n'existe pas sous d'autre forme qu'en solutions aqueuses peu concentrées. À noter aussi que pour la plupart, elles contiennent un peu d'hydroxyde de sodium qui influe sur la toxicité consécutive à l'ingestion.

7.1 Normes d'exposition recommandées

Nous n'avons trouvé dans les publications aucune norme d'exposition relative à l'hypochlorite de sodium.

7.2 Données sur les propriétés irritantes

7.2.1 Contact avec la peau

Exposition (teneur et durée)	Effets	Source
• CHEZ L'HOMME		
Non précisée	Le contact avec la peau peut causer des éruptions vésiculeuses et de l'eczéma	TDB (on-line), 1981
Non précisée	Irritation de la peau, bulles et eczéma	ITII, 1981

7.2.2 Contact avec les yeux

Exposition (teneur et durée)	Effets	Source
• CHEZ L'HOMME		
Non précisée	Si le contact est prolongé, irritation possible des yeux	CHRIS, 1978
• CHEZ LE LAPIN		
Une goutte (solution à 15 %, pH 11,2)	Douleur intense immédiate, hémorragie de la conjonctive et du nez; l'épithélium cornéen prend rapidement l'aspect du verre dépoli suivi d'un oedème bleuâtre modéré; chémosis; vascularisation de la conjonctive; cicatrisation de la membrane nictitante	TDB (on-line), 1981

Exposition (teneur et durée)	Effets	Source
Non précisée (solution à 5 %, pH 11,1 à 11,6)	Douleur immédiate, mais si l'oeil est lavé dans les 30 secondes, il ne subsiste qu'un néphélion passager de l'épithélium cornéen et un oedème de la conjonctive, avec retour à la normale en moins d'une journée	TDB (on-line), 1981

7.3 Données sur les propriétés organoleptiques

7.3.1 Odeur. – L'odeur de l'hypochlorite de sodium rappelle celle du chlore (TDB (on-line), 1981).

7.3.2 Saveur. – Aucune donnée.

7.4 Études sur les effets toxiques

7.4.1 Inhalation

Exposition (teneur et durée)	Effets	Source
	Exposition de brève durée	
• CHEZ L'HOMME		
Non précisée	Action corrosive et irritante	TDB (on-line), 1981

7.4.2 Ingestion

Exposition (teneur et durée)	Effets	Source
• CHEZ L'HOMME		
Non précisée	Pneumopathie par inhalation dans 8,1 % des cas d'ingestion. Hématémèse fréquente si le volume ingéré est important	TDB (on-line), 1981
Non précisée	Le composé réagit avec l'acidité stomacale, en produisant de l'acide hypochloreux, aux propriétés irritantes pour les muqueuses et la peau	Doull, 1980
Non précisée	Mort. L'autopsie a révélé un effet corrosif et une méthémoglobinémie	TDB (on-line), 1981
• CHEZ LE CHIEN		
Non précisée	L'instillation d'un liquide de blanchissage non dilué (Chlorox), dans la partie supérieure de l'oesophage, n'a provoqué aucune lésion permanente de ce dernier à moins d'occlusion de la partie inférieure, auquel cas, la moitié des animaux sont morts d'une perforation de l'oesophage, de médiastinite et de pleurésie.	TDB (on-line), 1981

Exposition (teneur et durée)	Effets	Source
• CHEZ LE LAPIN		
Non précisée	Du liquide de blanchissage non dilué (Chlorox) instillé dans la partie supérieure de l'oesophage n'a provoqué aucune lésion permanente de ce dernier.	TDB (on-line), 1981

7.4.3 Mutagénicité, tératogénicité, cancérogénicité

Exposition (teneur et durée)	Effets	Source
• CHEZ LE HAMSTER		
500 mg/l (27 h)	Analyse cytogénétique des cellules du poumon; aucune interprétation fournie.	RTECS, 1979

7.5 Symptômes et conséquences de l'intoxication

Aucune référence n'est donnée pour les symptômes de nature courante signalés dans la plupart des ouvrages consultés. En revanche, les symptômes ou troubles de nature particulière ou inhabituelle sont suivis de la référence appropriée.

7.5.1 Inhalation

1. Irritation des muqueuses du nez et de la gorge (ITII, 1981)
2. Toux (ITII, 1981)
3. Brûlure des tissus (TDB (on-line), 1981)
4. Pneumopathie
5. Oedème pulmonaire (ITII, 1981)
6. État de choc

7.5.2 Ingestion

1. Douleurs et inflammation de la bouche, du pharynx, de l'oesophage et de l'estomac
2. Formation d'ampoules dans la gorge (ITII, 1981)
3. Vomissements
4. Médiastinite ou péritonite (TDB (on-line), 1981)
5. Érosion des muqueuses (TDB (on-line), 1981)
6. Oedème du pharynx, de la glotte et du larynx, stridor et obstruction (TDB (on-line), 1981)
7. Perforation de l'oesophage ou de l'estomac (ITII, 1981)
8. Hémorragie
9. Collapsus cardio-vasculaire
10. Cyanose (TDB (on-line), 1981)
11. Délire
12. Coma

7.5.3 Contact avec la peau

1. Irritation
2. Formation de vésicules
3. Eczéma
4. Éruptions vésiculeuses (TDB (on-line), 1981)

7.5.4 Contact avec les yeux

1. Irritation

7.6 Toxicité des produits de décomposition ou de combustion, pour l'homme

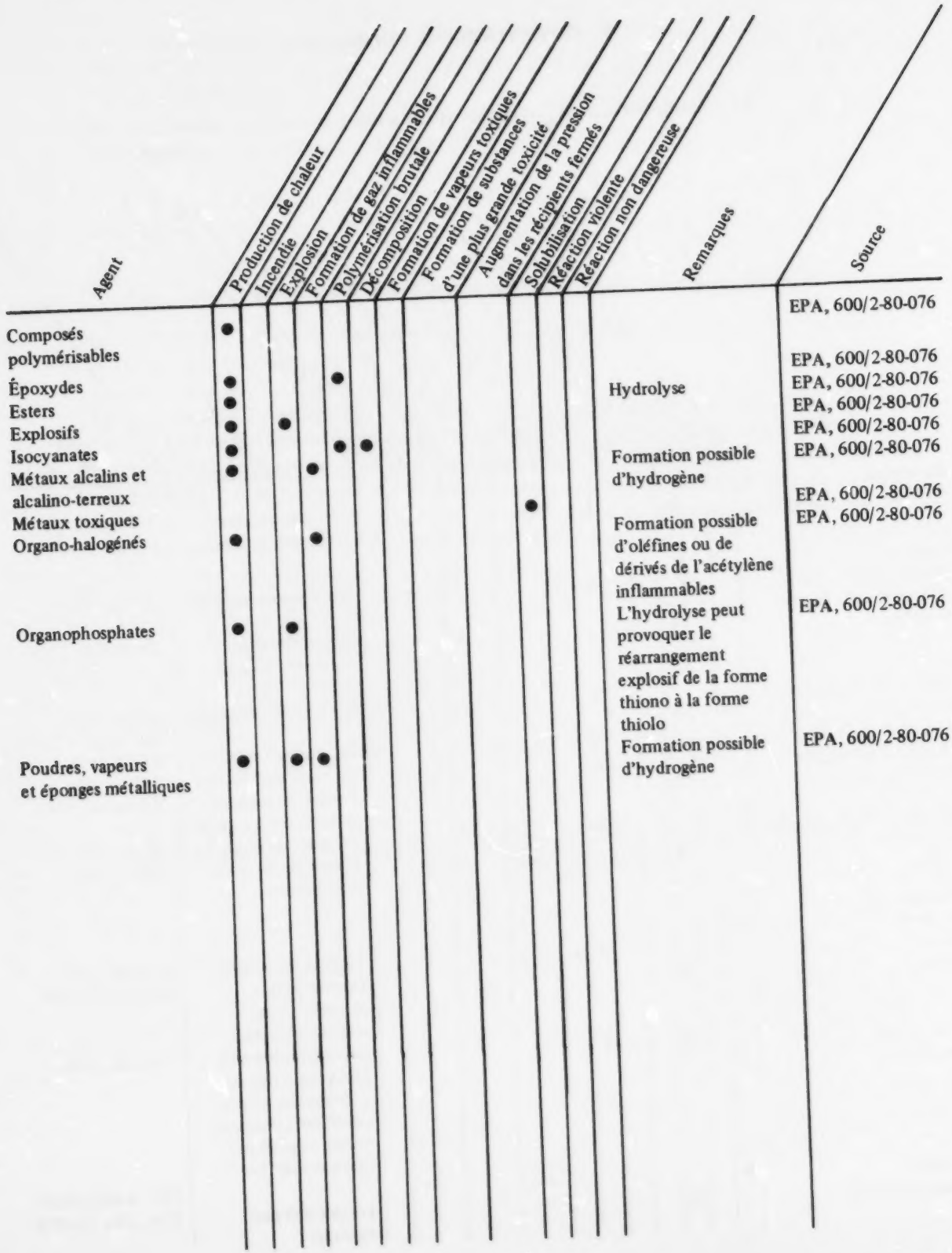
Les solutions d'hypochlorite de sodium libèrent du chlore lorsqu'elles sont chauffées à plus de 35 °C (TDB (on-line), 1981).

7.6.1 Chlore. – Le chlore est un gaz jaune-verdâtre, non combustible à la pression atmosphérique; son odeur suffocante est décelable à partir de 3,5 ppm en volume. Autour de 5 ppm, il cause de la gêne respiratoire, et il irrite les muqueuses du nez. Il prédispose à la tuberculose les travailleurs qui y sont chroniquement exposés. Une exposition de courte durée à des teneurs élevées peut être irritante pour les muqueuses du nez et pour les yeux et peut provoquer de l'oedème pulmonaire. La TLV® est de 1 ppm, la STEL de 3 ppm (TLV, 1983).

8 COMPATIBILITÉ CHIMIQUE

8.1 Compatibilité de l'hypochlorite de sodium et de divers agents

Agent	Production de chaleur	Incendie	Explosion	Formation de gaz inflammables	Polymérisation brutale	Décomposition	Formation de vapeurs toxiques	Formation de substances d'une plus grande toxicité	Augmentation de la pression dans les récipients fermés	Solubilisation	Réaction violente	Réaction non dangereuse	Remarques	Source
En général														
Chaleur			●			●							Décomposition et libération de chlore	Bretherick, 1979
Corps														
Acétate d'ammonium						●							En quelques secondes	NFPA, 1978
Aziridine			●										Formation d'un composé N-chloré explosif	Bretherick, 1979
Carbonate d'ammonium						●							En quelques secondes	NFPA, 1978
Méthanol			●											Bretherick, 1979
Nitrate d'ammonium						●							En quelques secondes	NFPA, 1978
Oxalate d'ammonium						●							En quelques secondes	NFPA, 1978
Phénylacétonitrile			●										Formation probable de trichlorure d'azote	Bretherick, 1979
Phosphate d'ammonium						●							En quelques secondes	NFPA, 1978
Urée			●										Formation de trichlorure d'azote	NFPA, 1978
Groupes de corps														
Acides						●	●						Libération de chlore	Gokhale, 1978
Amines			●										Formation de N-mono- ou de N-dichloro-amines	Bretherick, 1979
Catalyseurs métalliques			●			●							Décomposition avec libération d'oxygène et formation de sels métalliques finement divisés ou solubles (par exemple, Co, Ni)	Gokhale, 1978
Cétones	●													EPA, 600/2-80-076
Composés nitrés			●										Les sels secs sont explosifs	EPA, 600/2-80-076


Agent
Production de chaleur
Incendie
Explosion
Formation de gaz inflammables
Polymérisation brutale
Décomposition
Formation de vapeurs toxiques
Formation de substances d'une plus grande toxicité
Augmentation de la pression dans les récipients fermés
Solubilisation
Réaction violente
Réaction non dangereuse
Remarques
Source
Composés polymérisables
Époxydes
Esters
Explosifs
Isocyanates
Métaux alcalins et alcalino-terreux
Métaux toxiques
Organo-halogénés
Organophosphates
Poudres, vapeurs et éponges métalliques
Hydrolyse
Formation possible d'hydrogène
Formation possible d'oléfines ou de dérivés de l'acétylène inflammables
L'hydrolyse peut provoquer le réarrangement explosif de la forme thiono à la forme thiolo
Formation possible d'hydrogène
EPA, 600/2-80-076
EPA, 600/2-80-076
EPA, 600/2-80-076
EPA, 600/2-80-076
EPA, 600/2-80-076
EPA, 600/2-80-076
EPA, 600/2-80-076
EPA, 600/2-80-076
EPA, 600/2-80-076
EPA, 600/2-80-076
EPA, 600/2-80-076

9 MESURES D'INTERVENTION ET DE SÉCURITÉ

9.1 Mesures recommandées

Les exposés qui suivent sont extraits de diverses publications. Leur formulation originale a été respectée pour éviter toute déformation de sens, et ce faisant, il a été impossible d'empêcher que n'apparaissent d'éventuels désaccords entre les sources. Toutefois, la contradiction de certaines mesures qui s'appliquent à des cas particuliers n'est qu'apparente. La mention d'une mesure ne constitue d'aucune façon une recommandation de la part d'Environnement Canada.

9.1.1 Danger d'incendie. – L'hypochlorite de sodium est ininflammable. Il réagit avec les acides en libérant du chlore (Olin MSDS, 1980).

9.1.2 Moyens d'extinction. – L'hypochlorite de sodium étant incombustible, les agents d'extinction seront choisis en fonction des autres produits présents.

9.1.3 Évacuation de la zone dangereuse. – Comme le produit dégage du chlore gazeux lorsqu'il est chauffé et qu'à l'état anhydre il peut exploser, évacuer les personnes à au moins 60 m contre le vent et 300 m sous le vent (OHM-TADS, 1981).

9.1.4 Mesures d'intervention en cas de déversement

9.1.4.1 Information générale. – Arrêter ou réduire la fuite du produit si cela ne présente aucun danger (Olin MSDS, 1980). Éviter que le produit soit en contact avec la peau et ne pas inhaler les vapeurs s'il y a dégagement de chlore gazeux.

9.1.4.2 Déversement sur le sol. – Endiguer si possible. Récupérer le plus possible de liquide par pompage ou par aspiration; absorber le résidu au moyen de sable ou d'autres matières absorbantes non combustibles et transvaser à la pelle dans des récipients en vue de l'élimination (ERG, 1980).

9.1.4.3 Déversement dans l'eau. – Pour le traitement de l'eau polluée, on recommande une décantation des matières solides suivie d'une réduction par un bisulfite (la solution devrait être acidifiée à l'acide sulfurique, au pH de 2,0 ou de 3,0), puis neutralisation au carbonate de sodium anhydre (pH de 10,0). Le sodium précipitera sous forme de sulfate. Avant de rejeter l'effluent, en neutraliser le pH à l'acide chlorhydrique (EPA, 600/2-77-227).

Un certain nombre de procédés ont servi à transformer l'hypochlorite de sodium en produits moins nocifs (Gokhale, 1978). Les catalyseurs tels que le cobalt sous forme de solutions diluées de sels de cobalt (efficaces surtout au pH de 11 à 12, entre 38 et 42 °C), réduisent l'hypochlorite de sodium comme suit:

$$NaOCl \xrightarrow[\text{catalyseur}]{} NaCl + 1/2\ O_2$$

Un catalyseur ionique au nickel agira si des quantités plus élevées de NaOH sont présentes. La réaction suivante, avec un sulfite,

$$NaOCl + Na_2SO_3 \longrightarrow Na_2SO_4 + NaCl,$$

peut également servir pour réduire l'hypochlorite de sodium.

9.1.5 Nettoyage et traitement. – Les solutions résiduaires d'hypochlorite de sodium ne doivent *jamais* être rejetées dans un égout ni dans les eaux de surface. Après traitement, soit sur les lieux du déversement ou dans une installation de traitement des déchets, on peut éliminer les boues résultantes dans une décharge contrôlée.

9.1.6 Appareils et vêtements de protection. – Pour entrer dans une zone où ni le produit déversé ni ses propriétés ne sont connus, on devrait toujours revêtir un scaphandre résistant aux agents chimiques, et porter un appareil respiratoire autonome.

S'il s'avère que le produit déversé est de l'hypochlorite de sodium:

– L'équipe d'intervention doit porter des lunettes de sécurité, des vêtements imperméables et un appareil respiratoire autonome approuvé par la NIOSH/MSHA (OHM-TADS, 1981; Olin MSDS, 1980).
– Pour les gants et les bottes, on recommande le caoutchouc ou le néoprène (Olin MSDS, 1980).
– On doit trouver sur les lieux de l'intervention ou dans les endroits où le produit est utilisé des bains oculaires à fort débit, d'accès facile (Olin MSDS, 1980).

9.1.7 Entreposage. – Ne pas entreposer à proximité de matières organiques. Les solutions d'hypochlorite de sodium attaquent les métaux et les tissus (OHM-TADS, 1981).

10 CAS DE DÉVERSEMENT ACCIDENTEL

Les informations relatives aux déversements accidentels antérieurs contenues dans la présente section aideront le lecteur à comprendre les mesures d'intervention prises en cas de déversement accidentel. Seuls les cas qui présentent un intérêt pour le lecteur sont inclus dans la présente section; en conséquence, le nombre de cas décrits ne traduit ni l'ampleur du problème ni la fréquence des déversements. Toute nouvelle information pertinente sera incluse dans les ré-éditions du manuel, au fur et à mesure des progrès réalisés dans le domaine des techniques d'intervention.

En ce qui concerne l'hypochlorite de sodium, la documentation consultée ne contenait aucune information d'intérêt.

11 IDENTIFICATION ET DOSAGE DU POLLUANT

Les méthodes d'analyse utilisées pour l'identification et le dosage des polluants chimiques d'intérêt prioritaire sont expliquées dans les lignes qui suivent.

Les méthodes décrites et les références signalées ont été choisies en fonction d'analyses d'échantillons d'air, d'eau et de sol devant être faites dans un laboratoire de chimie doté d'un équipement standard, éloigné du lieu d'où proviennent les prélèvements. Les auteurs ont consulté les sources habituelles exposant les méthodes normalisées ou recommandées et décrit sommairement celles qui s'appliquent à chaque produit chimique. Parmi ces sources, on compte des publications du National Institute for Occupational Safety and Health des États-Unis (NIOSH), de l'Environmental Protection Agency des États-Unis (EPA), de l'American Water Works Association, de l'American Society for Testing and Materials et de l'American National Standards Institute.

Lorsque les méthodes normalisées ou recommandées ont été jugées fiables et suffisamment spécifiques pour l'analyse des échantillons provenant des matières déversées et du milieu touché, et lorsqu'elles ne nécessitaient pas un équipement de laboratoire hautement spécialisé, nous n'avons pas cherché plus loin. Enfin, lorsque nous avons découvert des tests simples et fiables, couramment utilisés dans l'industrie, nous les avons signalés.

11.1 Dosage de l'hypochlorite de sodium présent dans l'air (analyse quantitative)

L'hypochlorite de sodium n'est pas un solide stable et n'existe donc pas dans l'air. Par contre, les solutions d'hypochlorite de sodium libèrent du chlore gazeux lorsqu'elles sont chauffées. Pour les méthodes de dosage du chlore, consulter l'Enviroguide sur le chlore.

11.2 Dosage de l'hypochlorite de sodium présent dans l'eau (analyse quantitative)

11.2.1 Titrage iodométrique (AWWA, 1965). – La teneur minimale de chlore libre détectable par cette méthode est de 0,04 mg/l. Prélever 1 litre d'eau à analyser si l'on s'attend à ce qu'elle contienne jusqu'à 1 mg de chlore libre par litre. Pour les eaux contenant entre 1 et 10 mg de chlore libre, 500 ml d'échantillon suffisent. Pour des teneurs plus élevées, la quantité d'échantillon sera proportionnellement moindre.

Ajouter 5 ml ou une quantité suffisante d'acide acétique à l'échantillon pour amener le pH à 3 ou 4, puis ajouter 1 g d'iodure de potassium et mélanger. Introduire de la solution de thiosulfate préparée à partir de $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$ jusqu'à ce que la coloration jaune produite par l'iode libéré soit presque dissipée, c'est-à-dire que la solution soit presque limpide. Ajouter 1 ml de surnageant d'une solution d'amidon (préparée en dissolvant 5 g d'amidon dans 1 litre d'eau bouillante) et titrer avec la solution de thiosulfate jusqu'à disparition de la coloration bleue.

La teneur en chlore libre se calcule grâce à la relation suivante:

$$[Cl] = \frac{(A \pm B) \times N \times 35\,450}{\text{Volume de l'échantillon (en ml)}}$$

où A = Nombre de millilitres de solution de thiosulfate utilisée pour titrer l'échantillon
B = Nombre de millilitres de solution de thiosulfate utilisée pour titrer le témoin
N = Normalité de la solution de thiosulfate utilisée

11.2.2 Photométrie de flamme (ASTM, 1979). – Des teneurs en ions sodium supérieures à 1 mg/litre (ppm) peuvent être déterminées par photométrie de flamme. Prélever à l'aide d'un récipient approprié au moins 2 litres d'eau à analyser. Une prise d'essai convenable est vaporisée dans la flamme d'un photomètre approprié. Effectuer la lecture à 589 nm, et comparer à une courbe d'étalonnage. Une correction sera apportée pour éliminer l'influence d'autres sources d'ions sodium (par ex., NaCl, NaOH) dans l'échantillon analysé.

11.3 Identification de l'hypochlorite de sodium présent dans l'eau (analyse qualitative)

La présence d'hypochlorite de sodium (sous forme d'ions sodium) peut être décelée par l'épreuve de la flamme. Prélever l'échantillon tel qu'indiqué en 11.2.2. Plonger un fil de platine propre dans une prise d'échantillon et le passer dans la partie la plus chaude d'un bec Bunsen. Une flamme jaune pâle intense indique que l'échantillon contient des ions sodium (Welcher, 1955).

11.4 Dosage de l'hypochlorite de sodium présent dans le sol (analyse quantitative)

11.4.1 Photométrie de flamme (Hesse, 1972). – L'intervalle des teneurs en ions sodium qu'on peut doser varie selon le volume de la prise d'essai vaporisé dans le photomètre de flamme.

Verser dans un tube à centrifuger de 50 ml, à embouchure étroite, exactement 5 g de sol préalablement passé dans un tamis à mailles de 2 mm. Ajouter 30 ml d'une solution d'acétate de magnésium 0,5 *M*, boucher le tube et centrifuger pendant 5 mn à 400 t/mn. Décanter le surnageant dans une fiole jaugée de 100 ml. Répéter l'extraction à deux reprises et réunir les extraits dans la fiole jaugée. Compléter au trait de jauge avec de l'acétate de magnésium 0,5 *M*. Vaporiser dans la flamme du photomètre une prise d'échantillon convenable et effectuer la lecture à 589 nm. Comparer à la courbe d'étalonnage. On procédera également au dosage d'un échantillon témoin de sol non pollué mais de même origine afin d'établir la teneur naturelle du sol en ions sodium dans la région. Soustraire la valeur obtenue pour l'échantillon témoin de la valeur lue pour la prise d'essai.

11.5 Identification de l'hypochlorite de sodium dans le sol (analyse qualitative)

La présence d'hypochlorite de sodium dans le sol (sous forme d'ions sodium) peut être détectée par l'épreuve de la flamme.

Prélever et extraire l'échantillon tel qu'indiqué en 11.4.1. Plonger un fil de platine propre dans l'extrait et le passer dans la partie la plus chaude de la flamme d'un bec Bunsen. Une flamme jaune pâle intense indique que l'échantillon contient des ions sodium (Welcher, 1955).

12 RÉFÉRENCES ET BIBLIOGRAPHIE

(reproduction intégrale de l'édition anglaise)

12.1 Références

AAR 1982: Association of American Railroads, Washington, DC, Private Communication (1982).

API 1980: American Petroleum Institute, Guide to Water Quality Standards of the United States, Washington, DC (1965).

ASS: Atlas Steel, Atlas Stainless Steels, Toronto, Ontario (not dated).

ASTM 1979: American Society for Testing and Materials, Annual Book of ASTM Standards, Part 31, Water, Philadelphia, PA, D1428A, D1192, D3370 (1979).

AWWA 1965: American Water Works Association, Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water, Washington, DC (1965).

Bretherick 1979: Bretherick, L., Handbook of Reactive Chemical Hazards, second edition, Butterworths, London, England (1979).

CBG 1980: Southam Business Publications Ltd., "1981 Chemical Buyers' Guide", Canadian Chemical Processing, Vol. 64, No. 9, Don Mills, Ontario (December, 1980).

* CCPA 1984: The Canadian Chemical Producers' Association, List of Members, Ottawa, Ontario (1984).

CDS 1967: National Association of Corrosive Engineers, Corrosion Data Survey, Houston, TX (1967).

CHRIS 1978: U.S. Department of Transportation, Coast Guard, Chemical Hazards Response Information System (CHRIS), Washington, DC (1978).

Corpus 1983: Corpus Information Services Ltd., "Sodium Hypochlorite", Chemical Product Profiles, Don Mills, Ontario (1983).

CRC 1980: Weast, R.C. (ed.), CRC Handbook of Chemistry and Physics, 60th edition, Chemical Rubber Publishing Company, Cleveland, OH (1980).

DCRG 1978: Dow Chemical Company, Dow Chemical Resistance Guide for Dow Plastic Lined Piping Products, Midland, MI (1978).

Dillon 1982: M.M. Dillon, Survey of Countermeasures Systems for Hazardous Material Spills, Environment Canada, Ottawa, Canada (1982).

Doull 1980: Doull, J., Klaassen, C.D., Amdur, M.O., Casarett's and Doull's Toxicology - The Basic Science of Poisons, second edition, Collier Macmillan Canada Inc., Toronto, Ontario (1980).

DPPED 1967: DOM-X, DOM-X Plastic Pipe Engineering Data, Toronto, Ontario (1967).

* Disponible en français

EPA 440/9-75-009: Supplement to Development Document: Hazardous Substances Regulations, Section 311 Federal Water Pollution Control Act, U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water and Standards, Washington, DC, EPA 440/9-75-009 (November, 1975).

EPA 600/2-77-227: Huibregtse, K.R. et al., Manual for the Control of Hazardous Material Spills - Volume One - Spill Assessment and Water Treatment Techniques, U.S. Environmental Protection Agency, National Environmental Research Center, Cincinnati, OH, EPA 600/2-77-227 (November, 1977).

EPA 600/2-80-076: Hatayama, H.K., J.J. Chen, E.R. deVera, R.D. Stephens, and D.L. Storm, A Method for Determining the Compatibility of Hazardous Wastes, Municipal Environmental Research Laboratory, Office of Research and Development, U.S. Environmental Protection Agency, Cincinnati, OH (April, 1980).

ERG 1980: U.S. Department of Transportation, Hazardous Materials, 1980 Emergency Response Guidebook, Research and Special Programs Administration, Materials Transportation Bureau, Washington, DC (1980).

GF: GF Plastic Systems Inc., GF Plastic Systems, Santa Ana, CA (not dated).

Gokhale 1978: Gokhale, S.D., and L.L. Frank, Hypochlorite Waste Management in Chlor-Alkali Industry, Diamond Shamrock Corporation, Painesville, OH (1978).

GPP: Uniroyal Inc., Guide to Polymer Properties, Mishawaka, IN (not dated).

Hesse 1972: Hesse, P.R., A Textbook of Soil Chemical Analysis, Chemical Publishing Co. Inc., New York, NY, pp. 146-147 (1972).

HIS 1969: Hydraulic Institute, Hydraulic Institute Standards, 12th Edition, New York, NY (1969).

ICI 1982: Imperial Chemical Industries (ICI), Treatment of Organic Compounds, Appendix 7, Cheshire, England (April, 1982).

ITII 1981: International Technical Information Institute, Toxic and Hazardous Industrial Chemicals Safety Manual for Handling and Disposal with Toxicity and Hazard Data, Japan (1981).

JSSV 1979: Jenkins Brothers, Jenkins Corrosion Resistant Stainless Steel Valves, New York, NY (1979).

JWPCF 1982: Journal of the Water Pollution Control Federation, Vol. 54, No. 6, p. 895 (1982).

Kirk-Othmer 1978: Grayson, M., and D. Eckroth, (eds.), Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology, third edition, Vol. 3, John Wiley & Sons Inc., New York, NY (1978).

Lange's Handbook 1979: Dean, J.A. (ed.), Lange's Handbook of Chemistry, 12th edition, McGraw-Hill Book Company Inc., New York, NY (1979).

Lefèvre 1980: Lefèvre, M.J. and E.O. Becker, First Aid Manual for Chemical Accidents - For Use with Nonpharmaceutical Chemicals, Dowden, Hutchinson, and Ross, Inc., Stroudsburg, PA (1980).

Magazzu 1976: Magazzu, G. et al., "Toxicity Toward Marine Organisms of Disinfectants Added to Cloacal Effluents Discharged into Sea", Arch. Oceanogr. Limnol., Vol. 18, No. 3 (Supplement), pp. 201-226 (1976).

* MWPP 1978: Rehau, Mechan-O-Joint Water Pressure Pipe and Fittings, Montreal, Quebec (1978).

NFPA 1978: National Fire Protection Association, Fire Protection Guide on Hazardous Materials, Seventh Edition, Boston, MA (1978).

NIOSH 1979: National Institute for Occupational Safety and Health, Manual of Analytical Methods, Second Edition, Vol. 5, Cincinnati, OH, P&CAM 173 (August, 1979).

OHM-TADS 1981: Oil and Hazardous Materials Technical Assisstance Data System, U.S. Environmental Protection Agency, Oil and Special Materials Control Division, Office of Water Programs Operations, Washington, DC (1981).

Olin MSDS 1980: Olin Corporation, Material Safety Data Sheet, Stanford, CT (31 July 1980).

Ontario E.P Act 1971: Ontario Ministry of the Environment, "The Environmental Protection Act, Statutes of Ontario 1971", Chapter 86, as amended; and Regulation 15 (General) as amended (1971).

PC 1982: Bristol-Myers Products Canada, Toronto, Ontario, Personal Communication (February, 1982).

Rouse 1961: Rouse, H., Fluid Mechanics for Hydraulic Engineers, Dover Publications, Inc., New York, NY (1961).

* RTDCR 1974: Canadian Transport Commission, Regulations for the Transportation of Dangerous Commodities by Rail, published by Supply and Services Canada, Ottawa, Ontario (1974).

RTECS 1979: Lewis, R.J. and R.L. Tatken, Registry of Toxic Effects of Chemical Substances, 1979, Vols. 1 and 2, National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), Cincinnati, OH (September, 1980).

Sauter 1982: Sauter, R., "Criteria for Selecting Chemicals and Equipment", Proceedings of the 1982 Operator's Seminar, Banff, Alberta (1982).

Sax 1984: Sax, N.I., Dangerous Properties of Industrial Materials, fifth edition, Van Nostrand Reinhold Company, New York, NY (1984).

Scott 1979: Scott's Industrial Directory of Ontario Manufacturers, 12th edition, Penstock Directories Limited, Oakville, Ontario (1979).

SH 1977: Bristol-Myers Products Canada, Sodium Hypochlorite, Toronto, Ontario (April, 1977).

Shreve 1977: Shreve, R.N. and J.A. Brink, Chemical Process Industries, fourth edition, McGraw-Hill Book Company Inc., New York, NY (1977).

* Disponible en français

Streeter 1971: Streeter, V.L., Fluid Mechanics, fifth edition, McGraw-Hill Book Company Inc., New York, NY (1971).

TCM 1979: General American Transportation Corporation, Tank Car Manual, Chicago, IL (May, 1979).

TDB (on-line) 1981: Toxicity Data Base, Toxicology Information On-Line, Available from National Library of Medicine, Washington, DC (1981).

* TDGC 1980: Transport Canada, Transportation of Dangerous Goods Code, Vol. 1 (Lists), Vol. 2, Ottawa, Canada (June, 1980).

TLV 1983: American Conference of Governmental Industrial Hygienists, TLV®s Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents in the Workroom Environment With Intended Changes for 1983, Cincinnati, OH (1983).

TPS 1978: GSR Fluid Handling, Thermoplastic Piping Systems, Sun Valley, CA (1978).

Ullmann 1975: Ullmanns Encyklopaedie der technischen Chemie, Verlag Chemie, Weinheim (1975).

Water Management Goals 1978: Ontario Ministry of the Environment, Water Management Goals, Policies, Objectives and Implementation Procedures for the Ministry of the Environment, Toronto, Ontario (November, 1978).

Welcher 1955: Welcher, F.J. and R.B. Hahn, Semimicro Qualitative Analysis, D. Van Nostrand Co., Inc., Princeton, NJ, p. 432 (1955).

WPC 1977: Water Pollution Control, "A Refresher on Sodium Hypochlorite," pp. 11-12 (January, 1977).

WQC 1963: McKee, J.E. and H.W. Wolf, Water Quality Criteria, second edition, Resources Agency of California, State Water Quality Control Board (1963).

WQC 1972: National Academy of Sciences, Water Quality Criteria 1972, A Report of the Committee on Water Quality Criteria, Environmental Studies Board, National Academy of Sciences, Washington, DC (1972).

12.2 Bibliographie

American Conference of Governmental Industrial Hygienists, TLV®s Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents in the Workroom Environment With Intended Changes for 1983, Cincinnati, OH (1983).

American Petroleum Institute, Guide to Water Quality Standards of the United States, Washington, DC (1965).

American Society for Testing and Materials, Annual Book of ASTM Standards, Part 31, Water, Philadelphia, PA, D1428A, D1192, D3370 (1979).

* Disponible en français

American Water Works Association, Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water, Washington, DC (1965).

Association of American Railroads, Washington, DC, Private Communication (1982).

Atlas Steel, Atlas Stainless Steels, Toronto, Ontario (not dated).

Bretherick, L., Handbook of Reactive Chemical Hazards, second edition, Butterworths, London, England (1979).

Bristol-Myers Products Canada, Toronto, Ontario, Personal Communication. (February, 1982).

* Bristol-Myers Products Canada, Sodium Hypochlorite, Toronto, Ontario (April, 1977).

* Canadian Chemical Producers' Association, List of Members, Ottawa, Ontario (1984).

* Canadian Transport Commission, Regulations for the Transportation of Dangerous Commodities by Rail, published by Supply and Services Canada, Ottawa, Ontario (1974).

Corpus Information Services Ltd., "Sodium Hypochlorite", Chemical Product Profiles, Don Mills, Ontario (1983).

Dean, J.A. (ed.), Lange's Handbook of Chemistry, 12th edition, McGraw-Hill Book Company Inc., New York, NY (1979).

M.M. Dillon, Survey of Countermeasures Systems for Hazardous Materials Spills, Environment Canada, Ottawa, Canada (1982).

DOM-X, DOM-X Plastic Pipe Engineering Data, Toronto, Ontario (1967).

Doull, J., C.D. Klaassen and M.O. Amdur, Casarett's and Doull's Toxicology - The Basic Science of Poisons, Second Edition, Collier Macmillan Canada Inc., Toronto, Ontario (1980).

Dow Chemical Company, Dow Chemical Resistance Guide for Dow Plastic Lined Piping Products, Midland, MI (1978).

General American Transportation Corporation, Tank Car Manual, Chicago, IL (May, 1979).

GF Plastic Systems Inc., GF Plastic Systems, Santa Ana, CA (not dated).

Gokhale, S.D. and L.L. Frank, Hypochlorite Waste Management in Chlor-Alkali Industry, Diamond Shamrock Corporation, Painesville, OH (1978).

Grayson, M. and D. Eckroth, (ed.), Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology, third edition, Vol. 3, John Wiley & Sons Inc., New York, NY (1978).

GSR Fluid Handling, Thermoplastic Piping Systems, Sun Valley, CA (1978).

* Disponible en français

Hatayama, H.K., J.J. Chen, E.R. deVera, R.D. Stephens and D.L. Storm, A Method for Determining the Compatibility of Hazardous Wastes, Municipal Environmental Research Laboratory, Office of Research and Development, U.S. Environmental Protection Agency, Cincinnati, OH (April, 1980).

Hesse, P.R., A Textbook of Soil Chemical Analysis, Chemical Publishing Co. Inc., New York, NY, pp. 146-147 (1972).

Huibregtse, K.R. et al., Manual for the Control of Hazardous Material Spills - Volume One - Spill Assessment and Water Treatment Techniques, U.S. Environmental Protection Agency, National Environmental Research Center, Cincinnati, OH, EPA 600/2-77-227 (November, 1977).

Hydraulic Institute, Hydraulic Institute Standards, 12th edition, New York, NY (1969).

Imperial Chemical Industries (ICI), Treatment of Organic Compounds, Appendix 7, Cheshire, England (April, 1982).

International Technical Information Institute, Toxic and Hazardous Industrial Chemicals Safety Manual for Handling and Disposal with Toxicity and Hazard Data, Japan (1981).

Jenkins Brothers, Jenkins Corrosion Resistant Stainless Steel Valves, New York, NY (1979).

Journal of the Water Pollution Control Federation, Vol. 54, No. 6, p. 895 (1982).

Lefèvre, M.J. and E.O. Becker, First Aid Manual for Chemical Accidents - For Use with Nonpharmaceutical Chemicals, Dowden, Hutchinson, and Ross, Inc., Stroudsburg, PA (1980).

Lewis, R.J. and R.L. Tatken, Registry of Toxic Effects of Chemical Substances, 1979, Vols. 1 and 2, National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), Cincinnati, OH (September, 1980).

Magazzu, G. et al., "Toxicity Toward Marine Organisms of Disinfectants Added to Cloacal Effluents Discharged into Sea", Arch. Oceanogr. Limnol., Vol. 18, No. 3 (Supplement), pp. 201-226 (1976).

McKee, J.E. and H.W. Wolf, Water Quality Criteria, second edition, Resources Agency of California, State Water Quality Control Board (1963).

National Academy of Sciences, Water Quality Criteria 1972, A Report of the Committee on Water Quality Criteria, Environmental Studies Board, National Academy of Sciences, Washington, DC (1972).

National Association of Corrosion Engineers, Corrosion Data Survey, Houston, TX (1967).

National Fire Protection Association, Fire Protection Guide on Hazardous Materials, Seventh Edition, Boston, MA (1978).

National Institute for Occupational Safety and Health, Manual of Analytical Methods, Second Edition, Vol. 5, Cincinnati, OH, P&CAM 173 (August, 1979).

Oil and Hazardous Materials Technical Assistance Data System, U.S. Environmental Protection Agency, Oil and Special Materials Control Division, Office of Water Program Operations, Washington, DC (1981).

Olin Corporation, Material Safety Data Sheet, Stanford, CT (31 July 1980).

Ontario Ministry of the Environment, "The Environmental Protection Act, Statutes of Ontario 1971", Chapter 86, as amended; and Regulation 15 (General) as amended (1971).

Ontario Ministry of the Environment, Water Management Goals, Policies, Objectives and Implementation Procedures for the Ministry of the Environment, Toronto, Ontario (November, 1978).

* Rehau Industries Ltd., Mechan-O-Joint Water Pressure Pipe and Fittings, Montreal, Quebec (1978).

Rouse, H., Fluid Mechanics for Hydraulic Engineers, Dover Publications, Inc., New York, NY (1961).

Sauter, R., "Criteria for Selecting Chemicals and Equipment", Proceedings of the 1982 Operator's Seminar, Banff, Alberta (1982).

Sax, N.I., Dangerous Properties of Industrial Materials, fifth edition, Van Nostrand Reinhold Company, New York, NY (1984).

Scott's Industrial Directory of Ontario Manufacturers, 12th edition, Penstock Directories Limited, Oakville, Ontario (1979).

Shreve, R.N. and J.A. Brink, Chemical Process Industries, fourth edition, McGraw-Hill Book Company Inc., New York, NY (1977).

Southam Business Publications Ltd., "1981 Chemical Buyers' Guide", Canadian Chemical Processing, Vol. 64, No. 9, Don Mills, Ontario (December, 1980).

Streeter, V.L., Fluid Mechanics, fifth edition, McGraw-Hill Book Company Inc., New York, NY (1971).

Supplement to Development Document: Hazardous Substances Regulations, Section 311 Federal Water Pollution Control Act, U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water and Standards, Washington, DC, EPA 440/9-75-009 (November, 1975).

Toxicity Data Base, Toxicology Information On-Line, Available from National Library of Medicine, Washington, DC (1981).

* Transport Canada, Transportation of Dangerous Goods Code, Vol. 1 (Lists), Vol. 2, Ottawa, Canada (June, 1980).

Ullmanns Encyklopaedie der technischen Chemie, Verlag Chemie, Weinheim (1975).

Uniroyal Inc., Guide to Polymer Properties, Mishawaka, IN (not dated).

U.S. Department of Transportation, Hazardous Materials, 1980 Emergency Response Guidebook, Research and Special Programs Administration, Materials Transportation Bureau, Washington, DC (1980).

* Disponible en français

U.S. Department of Transportation, Coast Guard, Chemical Hazards Response Information System (CHRIS), Washington, DC (1978).

Water and Pollution Control, "A Refresher on Sodium Hypochlorite", pp. 11-12 (January, 1977).

Weast, R.C. (ed.), CRC Handbook of Chemistry and Physics, 60th edition, Chemical Rubber Publishing Company, Cleveland, OH (1980).

Welcher, F.J. and R.B. Hahn, Semimicro Qualitative Analysis, D. Van Nostrand Co., Inc., Princeton, NJ, p. 432 (1955)